Gefügeanalytische Untersuchungen im Nördlichen Vollschotter der ungefalteten Molasse Niederbayerns

Klaus Sutter

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546824_0018

Gefügeanalytische Untersuchungen im Nördlichen Vollschotter der ungefalteten Molasse Niederbayerns

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu
München

vorgelegt
von
Klaus Sutter
aus
Zweibrücken

München 1962

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

1. Berichterstatter: Professor Dr. F. NEUMAIER

2. Berichterstatter: Professor Dr.- Ing. A. MAUCHER

Tag der mündlichen Prüfung: 25.7.1962

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Vorwort	1
II.	Einleitung	2
III.	Entstehung des Gefüges in fluviatilen Schottern	3
IV.	Problemstellung	5
V.	Methodik der Untersuchungen	6
	A. Geländearbeit	6
	1. Einmessen der Schichten	6
	a) Meßmethode	6
	b) Anordnung der Messungen im Aufschluß	7
	2. Einmessung des Korngefüges	7
	a) Meßmethode	8
	b) Anordnung der Messungen im Aufschluß	9
	3. Untersuchung der Stoffeigenschaften	9
	a) Geröllmaxima	9
	b) Kornverteilung	1o
	b1) Mittlere Korngröße	1o
	b2) Sandzwischenmittel	11
	b3) Verhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel	11
	c) Geröllform	11
	4. Aufschlußskizzen	13
	B. Darstellung der Gefügemessungen	13
	C. Die Meßfehler	14
	D. Grenzen und Kritik des Verfahrens	15
VI.	Gefügeanalytische Untersuchungen an rezenten Schottern	16
	A. Vils, SW Willing, Blatt Eichendorf	16
	1. Sedimentationsverhältnisse und Ausbildung der Schotter	16
	2. Beschreibung und Deutung der Diagramme	17
	a) Orientierung der langen Geröllachsen	17
	b) Orientierung der größten Geröllquerschnitte	18
	B. Isar, S - München, Unterschäftlarn	18
	1. Sedimentationsverhältnisse und Ausbildung der Schotter	18
	2. Beschreibung und Deutung der Diagramme	2o
	a) Orientierung der langen Geröllachsen	2o
	b) Orientierung der größten Geröllquerschnitte	21

Seite

VII. Das Gefüge des Nördlichen Vollschotters (NVS) 21

A. Alter und Ausbildung des NVS 21

B. Beschreibung der Stoffeigenschaften 22

1. Geröllmaxima 22

2. Mittlere Korngröße des Kiesanteils 25

3. Sandzwischenmittel 27

4. Gewichtsverhältnis von Kies zu Sand 29

5. Geröllform 32

a) Kornrundung des Kiesanteils 32
b) Grad der Stengeligkeit der Gerölle 34

C. Beschreibung der Gefügemessungen 35

1. Schichtgefüge 36

a) Beschreibung der Schichtungsart 36
b) Beschreibung der Diagramme 36
c) Ermittlung der Schüttungsrichtung aus den Schichtdiagrammen 41
d) Auswertung der Diagramme 43
e) Schlußfolgerungen 44

2. Korngefüge 44

a) Allgemeine Beschreibung der Gerölle im Schotterverband 44
b) Beschreibung der Diagramme 45
c) Auswertung der Diagramme 5o

D. Vergleichende Betrachtung des Schicht- und Korngefüges des NVS 6o

1. Geröllorientierung in den Schichtlagen 6o

2. Ermittlung der Schüttungsrichtung aus den Diagrammen der Schichtung und der Geröllorientierung 63

a) Differenzen der aus beiden Meßverfahren ermittelten Werte der Schüttungsrichtung 63
b) Ermittlung der Schüttungstendenz für den gesamten Bereich des NVS 65
c) Zeitliche und regionale Betrachtung der Schüttungsrichtung des NVS 67

VIII. Zusammenfassung 69

A. Die ermittelten Merkmalswerte des NVS 69

B. Schlüsse zur Paläogeographie des NVS 73

Anhang (Aufschlußverzeichnis) 76

Literaturverzeichnis 77

I. Vorwort

Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse einer gefügeanalytischen Untersuchung fluviatiler Schotter der Oberen Süßwassermolasse des niederbayerischen Tertiärs. Der Planung der Arbeitsmethode im Gelände, sowie den verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten der Befunde galt die besondere Beachtung.

Meinen lieben Eltern schulde ich viel; sie ermöglichten mir das Studium und zeigten allzeit großes Verständnis für meine Arbeit.

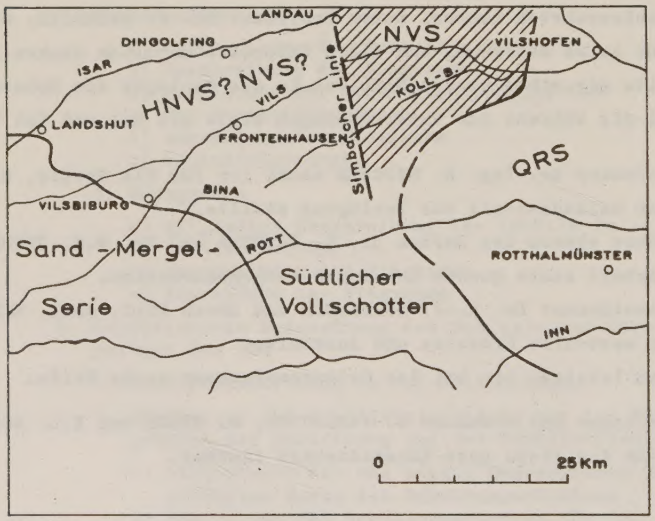
Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. F. NEUMAIER, möchte ich für seine Betreuung und Hilfe besonders herzlich danken. Er vermittelte mir einen ersten Einblick in die Geologie der Molasse und stand mir während der Untersuchungen stets mit Rat und Tat bei.

Herrn Professor Dr.-Ing. A. MAUCHER danke ich für die Geräte, die er mir zur Geländearbeit zur Verfügung stellte.
Dank gebührt ebenso den Herren Dr. H. BATSCHE und Dr. W.D. GRIMM, die der Arbeit stets großes Interesse entgegenbrachten.
Herrn Privatdozent Dr. H.-J. SCHNEIDER und Herrn Dipl. Geol. MILLER gaben mir wertvolle Hinweise und Auskünfte.
Meine Frau leistete mir bei den Geländeaufnahmen große Hilfe.

Meinen Kollegen und Freunden V. FAHLBUSCH, W. REHSE und K.H. SCHIESSL bin ich für die stets gute Kameradschaft dankbar.

II. Einleitung

Die Gefügeuntersuchungen im Nördlichen Vollschotter (NVS) fanden im ganzen, aufgeschlossenen Verbreitungsgebiet seiner Schüttung statt. Das Areal umfaßt ca. 600 km^2; es erstreckt sich von der "Simbacher Linie" im Westen (BATSCHE 1957, S. 286) bis zum Bereich des Quarzrestschotters auf Blatt Gergweis und Blatt Haidenburg (SCHAUERTE 1961, SUTTER 1960) im Osten. Die südlichsten Aufschlüsse liegen parallel zum Südrand des Kollbachtales.



= Untersuchungsgebiet

Karte Nr. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

HNVS = Hangender Nördlicher Vollschotter, QRS = Quarzrestschotter, NVS = Nördlicher Vollschotter

Die Aufschlüsse wurden so ausgewählt, daß sie möglichst gleichmäßig im Verbreitungsgebiet des Schotters verteilt waren.

Um eine Vergleichsmöglichkeit mit den bei der Erfassung des NVS gewonnenen Resultaten zu erhalten, wurden rezente Schotterablagerungen

der Isar und der Vils, sowie Aufschlüsse im Hangenden Nördlichen Vollschotter (BATSCHE 1957) und Südlichen Vollschotter untersucht.

III. Entstehung des Gefüges in fluviatilen Schottern

Unter dem Gefüge wird allgemein der innere Bau eines Gesteins verstanden. B. SANDER (1948, S. 2) definiert den Begriff "Gefüge" so: "Die Raumdaten im Innern eines betrachteten Bereiches beschreiben dessen Gefüge ...". SANDER unterscheidet zwischen "nichtrichtungenthaltenden, skalaren" und "richtungenthaltenden, vektoriellen Gefügedaten".

Die "skalaren Gefügedaten" entsprechen bei fluviatilen Schottern den Stoffeigenschaften (J. KALTERHERBERG, 1956, S. 53), wobei unter Stoffeigenschaften die Korngrößenverteilung, die Geröllgröße und -form und das Verhältnis der Kies- zur Sandfraktion zu verstehen sind.

Die "vektoriellen Gefügedaten" werden von den Sedimentationseigenschaften (J. KALTERHERBERG, 1956, S. 53) wie Stromgeschwindigkeit, Strömungsart usw. bestimmt. Sie bilden sich im Schotter durch das Schichtgefüge und die Einregelung der Gerölle ab. Die vektoriellen Gefügedaten sind im Schicht- und Korngefüge der fluviatilen Sedimente enthalten (R. BRINKMANN, 1955) und werden vom einseitig gerichteten Transport im Medium gekennzeichnet.

R. BRINKMANN (1953) erkennt in schräggeschichteten Sedimenten eine räumliche Ordnung. O.F. EVANS (1939) und H. ILLIES (1949) beschreiben bei der Bildung der Gefüge in Sedimenten Schüttungskörper. Als solche Schüttungskörper sind die bei der Schotterschüttung in Flüssen gebildeten Kiesbänke anzusehen. L. RUCHIN (1958) beschreibt sie als Schotterrücken, die sich in Flußrichtung erstrecken; ihre Höhe ist durch die Mächtigkeit der Schichtlagen im Aufschluß gegeben. Der geometrische Bau der Schüttungskörper wird in den Arbeiten von L. KÖLBL (1957/58), W. NIEHOFF (1958) und P. WURSTER (1958) erläutert.

Bei jeder neuen Schotterschüttung werden die älteren Schotterrücken von den jüngeren überdeckt. Eine Wanderung der Schüttungskörper, wie sie L. KÖLBL (1957), NIEHOFF (1958) und WURSTER (1958) beschrieben, ist hier nur von untergeordneter Bedeutung; die bei der Wanderung von Schüttungskörpern entstehenden Leeschichten (Mc KEE, 1939, S. 72) sind deshalb allgemein in fluviatilen Schotterablagerungen selten zu beobachten.

Die Schichtung wird durch einen Wechsel der Korngrößen oder durch eine Unterbrechung der Sedimentation hervorgerufen. Im Schotter ist die durch Sedimentationspausen verursachte Schichtung vorwiegend.

Das Schichtgefüge entsteht bei fluviatilen Schotterschüttungen durch Änderungen der Sedimentationsbedingungen, wie z.B. Wechsel der Stromrichtung oder der Stromgeschwindigkeit. Die intensive Mischung von grob- und feinklastischem Material in Grobschottern verhindert eine ausgeprägte Feinschichtung. Die Schichtneigung in fluviatilen Sedimenten bringen H. ILLIES (1949) und K. PICARD (1953) mit der Wassergeschwindigkeit in Zusammenhang.

Neben dem Schichtgefüge enthält auch das Korngefüge der Schotter "vektorielle Gefügedaten". TH. REHBOCK (1929) und W.C. KRUMBEIN (1939) erkennen, daß die Gerölle einer fluviatilen Schüttung eine bestimmte Lage im Raum anstreben. M. KÜRSTEN (1960) stellt bei seinen Untersuchungen fest, daß die Gerölle während des Transportes mit ihrer langen Achse quer zur Stromrichtung lagern und im Sedimentationsbereich sich parallel dazu ausrichten.
Nach W.C. KRUMBEIN (1939) und R. BRINKMANN (1955) wird die vollständige Erfassung der Orientierung der Gerölle nicht durch die Lage der langen Geröllachsen allein gegeben; auch der größte Geröllquerschnitt ist für die Art der Einregelung maßgebend. So beschreibt J. KALTERHERBERG (1956, S. 53 ff.), daß die größten Querschnitte der Gerölle bei permanenter Wasserführung der Flüsse die stabile Dachziegelpackung anstreben.

L. RUCHIN (1958) stellt die Abhängigkeit der Gerölleinregelung vom Flußtyp bzw. von der Strom- und Sedimentationsgeschwindigkeit der Flüsse heraus.

Die Orientierung der Gerölle wird außer von den Sedimentationseigenschaften auch von den Stoffeigenschaften der Sedimente beeinflußt (R. BRINKMANN, 1958).

IV. Problemstellung

Die Aufgabe war es, das Gefüge des Nördlichen Vollschotters möglichst vollständig zu erfassen, sodaß durch die statistische Auswertung der Messungen allgemein charakteristische Indizien des Schichtgliedes festgestellt werden konnten. Es sollen also zu den bisher bekannten Merkmalswerten zusätzliche, meßbare Daten des NVS gefunden werden, die Aussagen über die Genese des Schotters erlauben.
Durch die möglichst vollständige Erfassung des Schottergefüges wird versucht, belegbare Aussagen über ehemalige Sedimentationsbedingungen zu machen.

Außerdem sollte durch die Untersuchungen auch eine Möglichkeit geschaffen werden, um den Nördlichen Vollschotter von dem stellenweise sehr ähnlich ausgebildeten Südlichen Vollschotter und Hangenden Nördlichen Vollschotter zu trennen.

Eine differenzierte Darstellung der Richtung der NVS-Schüttung soll mittels der Gefügediagramme erarbeitet werden.

Zu dieser Gefügeanalyse des Nördlichen Vollschotters der Oberen Süßwassermolasse in Ostniederbayern war die Ausarbeitung einer Arbeitsmethode notwendig, die dem Untersuchungsziel und den Geländeverhältnissen, wie Größe des aufgeschlossenen Sedimentationsraumes und Zugänglichkeit der Kiesgruben, entsprach.

V. Methodik der Untersuchungen

Zur Gefügeanalyse des NVS wurden 23 gut zugängliche Aufschlüsse ausgewählt, die gleichmäßig im aufgeschlossenen Sedimentationsraum

verteilt sind. Da in der Oberen Süßwassermolasse des Niederbayerischen Tertiärs im Alter unterschiedliche, aber teilweise ähnlich ausgebildete Schotter auftreten, war zu beachten, daß wirklich eindeutige Vorkommen des NVS vorlagen.
Die Untersuchungen wurden mehr intensiv als extensiv durchgeführt, d.h. das Hauptaugenmerk war auf die eingehende Erfassung des Einzelaufschlusses gerichtet.
Das Untersuchungsziel erforderte eine möglichst große Zahl von Messungen in einem Aufschluß.

A. Geländearbeit

Die Einmessung des Schicht- und Korngefüges im Gelände stellt den wichtigsten Teil der Untersuchungen. Aus diesem Grunde erforderte die bei der Geländearbeit angewandte Meßmethode besondere Aufmerksamkeit. Um zu einer möglichst vollständigen Erfassung und Auswertung der Gefügedaten zu gelangen, waren noch Analysen der Kornverteilung und der Kornform notwendig.

1. Einmessung der Schichten

a) Meßmethode

Der NVS ist weitgehend ein geschichtetes Lockersediment, das Streichen und Fallen seiner Schichten konnte direkt gemessen werden. Die Schichtflächen wurden von oben her vorsichtig freigelegt. Da es sich beim NVS fast durchweg um einen schlecht sortierten Schotter handelt, stößt man häufig beim Freilegen der Schichtflächen auf Schwierigkeiten, besonders bei den sogenannten "massig" geschichteten Partien.
Aber auch in diesem Falle kann man durch genaue Beobachtung der Gerölleinregelung häufig die Schichtung erkennen.
Als Kompaßunterlage diente ein Aluminiumblech. Beim Auflegen des Bleches muß man beachten, daß es auf möglichst gleich großen Geröllen der Schichtfläche aufsitzt, da sonst ein einzelnes, ungleich großes Geröll den Meßwert verfälscht.

Bei der Einmessung der Schrägschichtung in Sandeinschaltungen wurde durch einen Schurfschlitz senkrecht zur Aufschlußwand das Sediment blockartig freigelegt. Die Messungen erfolgten von oben nach unten. Die einzelnen Schichtblätter wurden mit dem Blech abgestochen und die nächstfolgenden präpariert. Dabei ergeben sich keine technischen Schwierigkeiten.

b) Anordnung der Messungen im Aufschluß

Die Schichtmessungen sollen die körperlichen Eigenschaften (z.B. Aufbau der Schüttungskörper) des NVS im ganzen erfassen. Je nach Zustand und Zugänglichkeit der Grube wurden die Meßstellen im Aufschluß systematisch so verteilt: Der Abstand der einzelnen Meßstellen untereinander ist so eng gewählt, daß Änderungen der Gefügeeigenschaften vollständig erfaßt werden, d.h. der Meßabstand darf nicht größer sein als die geringmächtigste Schotterlage. Dadurch unterliegt die subjektive Wahlfreiheit der Verteilung der Meßpunkte einer bestimmten Ordnung (P. WURSTER, 1958, S. 325). Im Durchschnitt beträgt im NVS der vertikale Abstand von Meßpunkt zu Meßpunkt o,3 - 1,o m. An jedem Meßpunkt wurde eine Schichtmessung durchgeführt.
Die Schichtmessungen fanden im gesamten, aufgeschlossenen Verbreitungsgebiet des NVS statt, so daß jeder regionale Wechsel des Schichtgefüges erfaßt werden konnte.
Der Schotter besitzt eine Mächtigkeit bis zu 3o m. Um etwaige Gefügeänderungen im Vertikalprofil feststellen zu können, war es notwendig, bei den Aufschlüssen Messungen aus der selben Höhe des Schichtprofils miteinander zu vergleichen. Die Meßwerte wurden dementsprechend in Netztabellen, je nach ihrer Höhenlage im Aufschluß, eingetragen.

2. Einmessung des Korngefüges

Diese Untersuchungen wurden am Kiesanteil des Schotters vorgenommen, da die Einregelung der Gerölle in den lockeren, grobklastischen Ablagerungen des NVS genau und einfach zu studieren ist. Die

Orientierung eines Gerölls kann durch die räumliche Lage seiner längsten, morphologischen Achse (A-Achse) und seiner größten Querschnittsfläche (AB-Ebene) genau erfaßt werden (W.C. KRUMBEIN, 1939, S. 677). Um diese Gefügedaten messen zu können, denkt man sich das Geröll zu einem Ellipsoid mit

einer größten Achse A,
einer mittleren Achse B und
einer kurzen Achse C vereinfacht (R. BRINKMANN,1955).

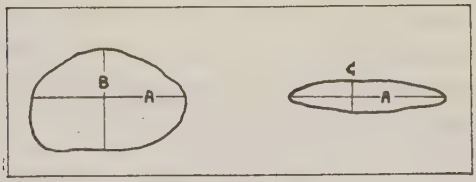


Abb. 1: Schematische Darstellung der morphologischen Achsen eines Gerölls (A = größte Geröllachse, B = mittlere Geröllachse, C = kurze Geröllachse)

Bei der Gefügeanalyse des NVS wurden die A-Achsen und C-Achsen der Gerölle eingemessen. Die C-Achsen sind den Flächenpolen der AB-Ebene identisch (W.C. KRUMBEIN, 1939, S. 677). Die Einmessung der Geröllachsen erfolgte im Anstehenden. Die Orientierung der Achsen wurde aus meßtechnischen Gründen nur an Geröllen von mindestens 3 cm Größe bestimmt.

a) Meßmethode

Die Einmessung der A-Achsen ist einfach, weil sie meist nur schwach geneigt sind. Einfallen und Einfallsrichtung kann man nach Anlegen des Kompasses direkt ablesen.
Dagegen stößt man beim Messen der Richtung der C-Achsen auf Schwierigkeiten, da diese oft 70° - 80° geneigt sind. Die C-Achse steht senkrecht auf der größten Querschnittsfläche der Gerölle, der AB-Ebene. Einfallsrichtung der AB-Ebene und Richtung der dazu entge-

gengesetzt einfallenden C-Achse sind darum gleich. Aus diesem Grunde wurde der Kompaß parallel zur AB-Ebene der Gerölle eingestellt und mit Hilfe der Zusatzlibelle in deren Fallrichtung gedreht. Auf diese Weise ist die Richtung der C-Achse exakt festzustellen. Den Fallwinkel der C-Achse kann man direkt ablesen.

b) Anordnung der Messungen im Aufschluß

Im Aufschluß wurden von jeweils 5o Geröllen auf einer Fläche von ca. 5o cm^2, Einfallen und Richtung der Achsen bestimmt. Die Bündelung von 5o Messungen auf einen eng begrenzten Meßbereich erfolgte, um über das Korngefüge in einem möglichst gleichartigen, kleinen Verband eine Aussage zu erhalten. Eine willkürliche Verteilung von Einzelmessungen würde im Diagramm eine zu große Streuung hervorrufen, da die Einregelung der Gerölle von den Korneigenschaften ihrer Umgebung beeinflußt wird.
Am gleichen Ort fanden noch zusätzliche Untersuchungen statt, die anschließend beschrieben werden (S. 1o).
Die einzelnen Meßorte, an denen die Orientierung von 5o Geröllen bestimmt wurde, sind möglichst gleichmäßig im Vertikalprofil und in einem Abstand von 1 - 2 m über den Aufschluß verteilt. Ihre jeweilige Höhenlage im NVS-Profil wurde vermerkt.

3. Untersuchung der Stoffeigenschaften

Unter den Stoffeigenschaften eines Schotters ist nach J. KALTERHERBERG (1956) die Korngröße, die Kornverteilung und die Kornform zu verstehen. Ihre Untersuchung ist zur vollständigen Erfassung des Schottergefüges notwendig.

a) Geröllmaxima

Im gesamten Bereich des Aufschlusses, und an jeder Meßstelle, wurden jeweils 1o Geröllmaxima ausgelesen. Von jedem Geröll wurde die Länge der A-, B- und C-Achse gemessen. Die Länge der A-Achse allein genügt zur Bewertung der maximalen Geröllgröße nicht. Nur durch die Erfassung der drei morphologischen Achsen kommt man dem wirklichen Geröllvolumen nahe.

Um e i n e n Vergleichswert zur Auswertung zu erhalten, wurde das geometrische Mittel K der A-, B- und C-Achsen gebildet (L. RUCHIN, 1958, S. 429):

$$K = \sqrt[3]{A \times B \times C} \quad [cm]$$

b) Kornverteilung

Zur weiteren Erfassung der Stoffeigenschaften wurden an den Stellen, an denen die Einmessung der 5o Gerölle stattfand, mindestens 2o kg des Schotters der Siebanalyse unterzogen. Dabei wurden maximal große Gerölle aussortiert, weil sie beim Auswiegen der Kornfraktionen die Werte fälschen. Die Korngrößeneinteilung entspricht der von v. ENGELHARDT (1951).

b1) Mittlere Korngröße

Die mittlere Korngröße nach W.G. BOGOMOLOW (1958) und E. KÖSTER (196o) ist charakterisiert durch das Intervall der vorherrschenden Fraktion. Sie ermöglicht zwischen den einzelnen Aufschlüssen, trotz der schlechten Sortierung des Schotters, einen Vergleich der dominierenden Korngrößen. Um eine bessere Übersicht bei einer regionalen Betrachtung oder einer tabellarischen Erfassung der mittleren Korngrößen zu erhalten, ist den zwei Werten des Korngrößenintervalls ein einziger Zahlenwert vorzuziehen. Er wurde durch das arithmetische Mittel des Korngrößenintervalls der vorherrschenden Fraktion dargestellt:

$$M = \frac{F1 + F2}{2} \quad [cm]$$

M = Mittelwert des Korngrößenintervalls
$F1$, $F2$ = Korngrößen der Grenzen des Intervalls

Zur Ermittlung dieses Wertes ist die Siebanalyse notwendig. Durch Beobachtung in situ ist nicht, wie dies oft versucht wird, eine eindeutige Beurteilung möglich. So kann z.B. eine Schotterlage, in der vereinzelt grobe Gerölle vorkommen, einen Grobmittelkies oder sogar einen Grobkies vortäuschen, obwohl die Korngrößen von 1o mm - 2o mm überwiegen.

b2) Sandzwischenmittel

Bei der Siebanalyse im Gelände wurde schließlich die Sandfraktion noch von der Kiesfraktion getrennt und an einer Probe des Sandzwischenmittels im Labor die Kornverteilung ermittelt.

b3) Verhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel (K-S-Wert)

Auf Grund der Siebanalyse der 2o kg-Probe ist eine Trennung der Kies- und der Sandfraktion möglich. Danach wurde das Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel festgestellt. Der daraus resultierende Merkmalswert gibt an, wieviel Kilogramm Kies auf 1 kg Sandzwischenmittel entfallen (= K-S-Wert). Der K-S-Wert ist als Verhältniszahl dimensionslos; er steigt, je geringer der Anteil des Sandzwischenmittels im Schotter ist, er sinkt, je mehr Sandzwischenmittel der Schotter enthält.

Beispiel: Probe 2o kg

Kiesfraktion		17 kg
Sandfraktion		3 kg
Kies : Sand	=	17 : 3 = 5,6 : 1
K-S-Wert	=	5,6

Bei der Ermittlung des Wertes von K-S ist es notwendig, daß man vor dem Sieben die Probe trocknen läßt. Ein stark bergfeuchtes Sandzwischenmittel verursacht beim Auswiegen einen erheblichen Meßfehler.

c) Geröllform

Bei der Untersuchung des Kiesanteils aus dem NVS wird die Kornrundung und das Größenverhältnis von der A- zur B-Achse der Gerölle festgestellt. POSER und HÖVERMANN (1952, S. 13) entwickelten eine Methode zur Feststellung des Formenverhältnisses, die jedoch bei fluviatilen Sedimenten nur bedingt anwendbar ist (E. KÖSTER, 196o, S. 87).

Die Bestimmung der Rundung der Gerölle wurde daher nach CHABAKOW (s. L. RUCHIN, 1958, S. 473 - 475) durchgeführt.

Dabei werden folgende Rundungsgrade unterschieden:

O : nicht abgerundete Bruchstücke mit spitzen, scharfen Rändern.

I : Anfängliche Form der Bruchstücke ist erhalten, lediglich Ecken und Kanten sind leicht gerundet.

II : Gerölle mit leicht geglätteten Kanten, in deren Umriß geradlinige Abschnitte noch deutlich erkennbar sind.

III : Gerölle gut kantengerundet, Spuren der ursprünglichen Begrenzung sind noch vorhanden.

IV : Gerölle ideal gerundet, Oberfläche gleichmäßig, vorzüglich gerundet.

Je Probe wurden 5o Gerölle auf die Rundung untersucht und in die Rundungsgrade O - IV eingestuft. Diese Einteilung bietet den Vorteil, die durchschnittliche Abrollung der Gerölle in Prozenten anzugeben, d.h. e i n Zahlenwert (R) repräsentiert die Rundung der Gerölle von einer Probe des Schotters. Der Prozentwert der Abrundung von 5o Geröllen wird folgendermaßen errechnet:

$$R = \frac{a\,O + b\,I + c\,II + d\,III + e\,IV}{5o} \times 25 \quad [\%]$$

a,b,c,d,e — Anzahl der Gerölle des betreffenden Rundungsgrades
O,I,II,III,IV — Rundungsgrade nach CHABAKOW
R — Rundungswert von 5o Geröllen in %
Gesamtzahl der Gerölle : a + b + c + d + e = 5o

Das Größenverhältnis der morphologisch längsten (A) zur morphologisch mittleren (B) Geröllachse gibt den Grad der Stengeligkeit der Gerölle an (J. KALTERHERBERG, 1956, S. 52). Der größte Geröllquerschnitt ist dazu als Ellipse vereinfacht zu denken. A und B stellen die Durchmesser der Ellipse dar. Der ermittelte Zahlenwert (F) ist die dimensionslose Verhältniszahl:

$$F = \frac{\text{Länge der A-Achse}}{\text{Länge der B-Achse}}$$

F entspricht dem größten Durchmesser einer Ellipse mit einem kleinsten Durchmesser von 1. Je größer der Wert F ist, umso stengeliger ist die Form des Gerölls.

Zur Bestimmung von F wurden je Probe 1o Gerölle, die eine mindestens 8 cm lange A-Achse besaßen, eingemessen. In diesem Falle der Untersuchung der Kornform sind die größeren Geröllkomponenten des Schotters zu bevorzugen, da sie charakteristische Vergleichswerte liefern.

4. Aufschlußskizzen

Die bearbeiteten Aufschlüsse, sowie die interessierenden Detailgefüge, wurden in Skizzen festgehalten. Um eine Verzerrung des horizontalen und vertikalen Maßstabes zu vermeiden, stellt man die Zeichnungen in einem mit Koordinatenzeichen versehenen Quadratnetz dar. Die Strecke zwischen zwei Netzpunkten kann je nach Bedarf in einem beliebigen Maßstab gewählt werden. Beim Skizzieren des Aufschlusses ist zu beachten: die Mächtigkeit und Ausdehnung der einzelnen Schichtserien, die Deutlichkeit der Schichtung, Art der Schichtung, Sackungserscheinungen im Schotterverband, Lage und Ausdehnung von Feinsedimenteinschaltungen, Diskordanzen. Gleichfalls erwies es sich von Vorteil, in den Aufschlußskizzen die Lage der entnommenen Proben einzutragen.

B. Darstellung der Gefügemessungen

Die Messungen für Schicht- und Korngefüge wurden im flächentreuen Polnetz dargestellt.
Die Durchstichpunkte der Flächenpole der Schichten sind in der oberen Hälfte der Lagenkugel eingetragen; sie erscheinen somit in dem Sektor des Polnetzes, nach dem die Schichten einfallen. Da der Fallwinkel der Schichten 40° nicht übersteigt, genügt zur Darstellung der Diagramme der innere Teil des Polnetzes bis zum 40°-Breitenkreis. Die Einzeldiagramme enthalten maximal 1oo Meßwerte. Sie wurden zeichnerisch zu Sammeldiagrammen für den Einzelaufschluß zusammengefaßt. Die A-Achsen der Gerölle sind in der unteren Hälfte der Lagenkugel im Polnetz dargestellt; die Lage der AB-Geröllquerschnitte ist in der oberen Hälfte der Lagenkugel festgehalten. Die Achsendurchstichpunkte bzw. die Polpunkte der Geröllquerschnitte liegen danach in dem Sektor, nach dem die Achsen bzw. die Geröllquerschnitte einfallen.

C. Die Meßfehler

Die bei der gefügeanalytischen Untersuchung des NVS angewandte Geländemethode wurde auf ihre erforderliche Meßgenauigkeit geprüft. Die fluviatile Fazies der Grobschotter mit ihrer verhältnismäßig großen Schwankung der Ausbildung, bestimmt die für die Meßwerte notwendige und sinnvolle Genauigkeit. Die im folgenden durchgeführte Betrachtung der auftretenden Meßfehler zeigt,daß die Anforderungen an eine sinnvolle Meßgenauigkeit erfüllt werden.

Beim Einmessen des Schicht- und Korngefüges muß man einen Meßfehler von 5° einkalkulieren. Selbst bei geübter Handhabung ist beim Anlegen des Kompasses keine größere Meßgenauigkeit gewährt. Die einzelnen Meßwerte kann man ohne Schwierigkeiten auf 1° ablesen. Zwischen der wirklichen und der gemessenen Richtung ist jedoch eine mögliche Differenz von 5° zu beachten. Das Einfallen dagegen ist mit einem guten Klinometer auf 1° genau zu bestimmen. Die Schüttungsrichtungen, die sich aus den Diagrammen der Messungen ergeben, werden jeweils auf 10° abgerundet. Eine präzisere Richtungsangabe ist wenig sinnvoll, da örtliche Abweichungen bis zu 90° von der Hauptschüttungsrichtung des im Aufschluß anstehenden Schotters vorkommen.

Bei der Untersuchung der Stoffeigenschaften des NVS handelt es sich meist um Wiege- und Meßvorgänge. Die dabei möglichen Fehlerquellen bedürfen ebenfalls einer kurzen Betrachtung.

Die Länge der A-, B- und C-Achsen der Geröllmaxima kann man auf 1 mm genau ablesen. Die gemessenen Größen wurden jedoch auf o,5 cm abgerundet. Eine differenziertere Angabe war für ihre gedachte Verwendung als Indizies des aufgeschlossenen Schotters nicht notwendig. Da ein Durchschnittswert der größten Gerölle die Ausbildung des Vollschotters in einem Aufschluß besser kennzeichnet, wurde immer eine größere Anzahl von Geröllmaxima notiert.
Das Gewichtsverhältnis Kies zu Sandzwischenmittel wurde an einer Probe von 2o kg festgestellt. Die im Gelände benutzte Federwaage läßt eine Genauigkeit bis zu o,5 kg zu. Schon aus diesem Grunde

ist eine differenziertere Gewichtsangabe ausgeschlossen. Die Ergebnisse zeigen, daß man bei einer Probenmenge von 2o kg zu brauchbaren Daten gelangt. Beträgt der Fehler beim Auswiegen o,5 kg, so ändert sich der Verhältniswert um o,o6. Der maximale Meßfehler von 1 kg (je o,5 kg für Sand- und Kiesanteil) beträgt beim Auswiegen einer Probe ca. 1/1o des K-S-Wertes. Da aber durchschnittlich 4 Proben einem Aufschlußwert zu Grunde liegen, wird der Fehler auf eine unbedeutende Größe reduziert.

D. Grenzen und Kritik des Verfahrens

Die Gefügeanalyse von Sedimenten setzt voraus, daß wirklich nur stratigraphisch gleiche Horizonte untersucht werden. So erklärt P. WURSTER (1958, S. 353), daß die breite Streuung in den von LEMCKE, ENGELHARDT & FÜCHTBAUER (1953) gezeichneten Diagrammen sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß verschiedene stratigraphische Horizonte zur Messung herangezogen wurden. Die hier beschriebene Untersuchungsmethode wurde in kartierten Gebieten angewandt, in denen die allgemeine stratigraphische Abfolge der Schichten bekannt war. Es wurden nur sichere Vorkommen des NVS analysiert. Damit war gewährleistet, daß nicht zwei stratigraphisch verschiedene, aber ähnlich ausgebildete Einheiten korreliert wurden.

Durch die Gefügeanalyse lassen sich für die untersuchten Schichtglieder zusätzliche Kriterien finden. Hat man in einem Gebiet das Gefüge der eindeutigen Vorkommen untersucht, so ist es danach möglich, die im gleichen Raum befindlichen, stratigraphisch unsicheren Typen an Hand der neugewonnenen Erkenntnisse mit dieser Methode sicher einzustufen.

Eine weitere Voraussetzung für die Anwendbarkeit der gefügeanalytischen Untersuchungsmethode ist, daß das ursprüngliche Gefüge der Sedimente erhalten blieb. In Ablagerungen wie z.B. denen des Quarzrestschotters in Ostniederbayern, wo eine nachträgliche Setzung und Sackung innerhalb des ganzen Verbandes stattfand, sind derartige Untersuchungen erschwert, wenn nicht sogar unmöglich gemacht.

Bei Gefügeanalysen in Schotterarealen müssen gute Aufschlüsse vorhanden sein, um möglichst viele Daten aus e i n e r Grube zu erhalten. Dabei spielen die Größe und die Zugänglichkeit der Kiesgruben eine Rolle. Ein stark verrutschter Aufschluß macht ein sinnvolles Arbeiten genau so unmöglich, wie eine 2o m seiger stehende Kieswand. Zur Untersuchung eignen sich am besten Aufschlüsse, in denen terrassenförmiger Abbau betrieben wird.

VI. Gefügeanalytische Untersuchungen an rezenten Schottern

Auf Grund der Literatur dürfte man aus den gefügeanalytischen Untersuchungen im NVS wichtige Aussagen über seine Genese und über seine Abtrennung von ähnlichen, aber altersverschiedenen Grobschottern Ostniederbayerns erwarten.
Um jedoch eine bessere Vorstellung von Sedimentationsvorgang und dessen Einwirkung auf das Korngefüge der Ablagerungen zu bekommen, wurde im Rahmen aktualgeologischer Studien auch das Gefüge rezenter Schotter untersucht. Die Gefügeanalyse rezenter Flußablagerungen war vor allem deswegen von Interesse, weil hier Sedimentationsbedingungen und Schüttungsrichtung bekannt sind. Dadurch ist es möglich, die Gefügediagramme rezenter Schotterablagerungen mit der gemessenen Stromrichtung und den bekannten Sedimentationsverhältnissen zu vergleichen. Dabei ließ sich gleichzeitig das zur Gefügeanalyse des NVS geplante Meßverfahren erproben. Eine eingehende Bearbeitung rezenter Ablagerungen lag allerdings nicht im Rahmen dieser Arbeit.
Zu den Untersuchungen wurden zwei Lokalitäten mit unterschiedlichen Sedimentationsbedingungen ausgewählt.

A. Vils, SW Willing, Blatt Eichendorf

1. Sedimentationsverhältnisse und Ausbildung der Schotter

In der Vils findet der Schottertransport nur während der Hochwasserperioden statt. Die untersuchte Lokalität liegt bei Willing am

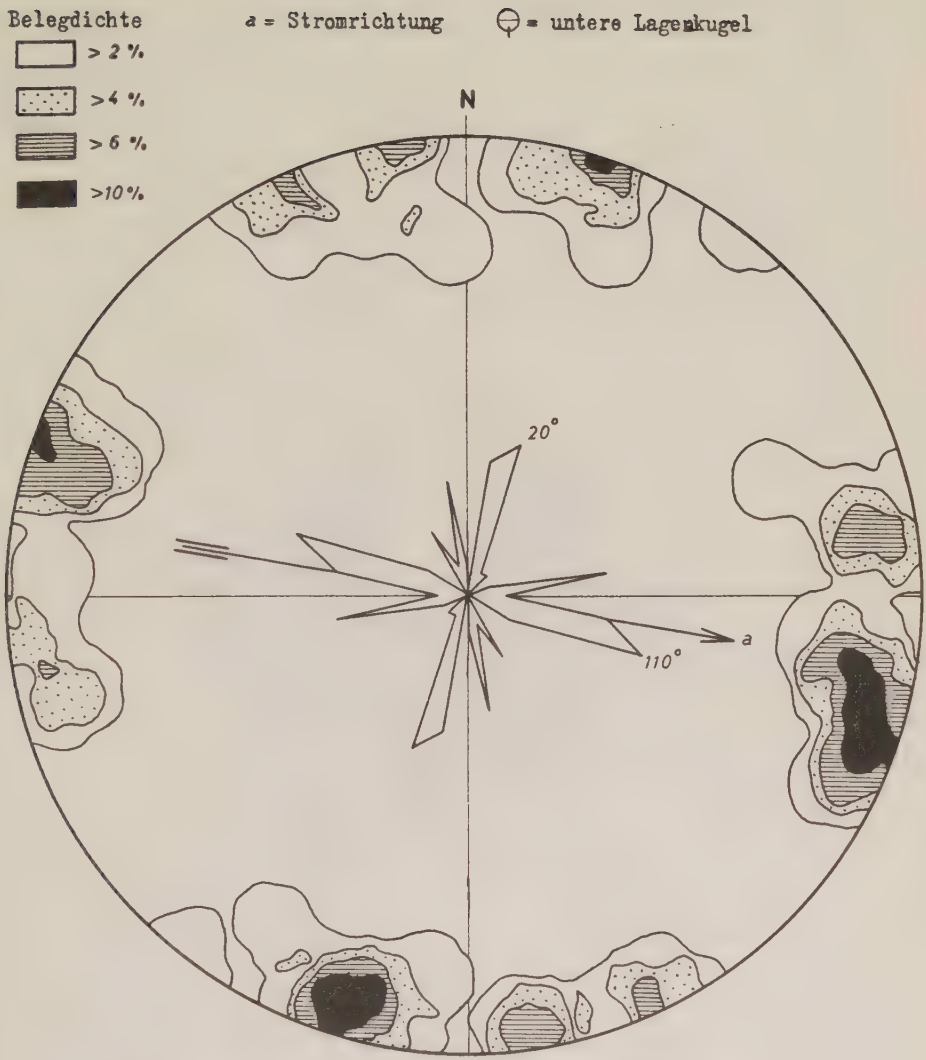


Diagramm Nr. 1: VILS, A - Achsen der Gerölle, 5o Messungen .

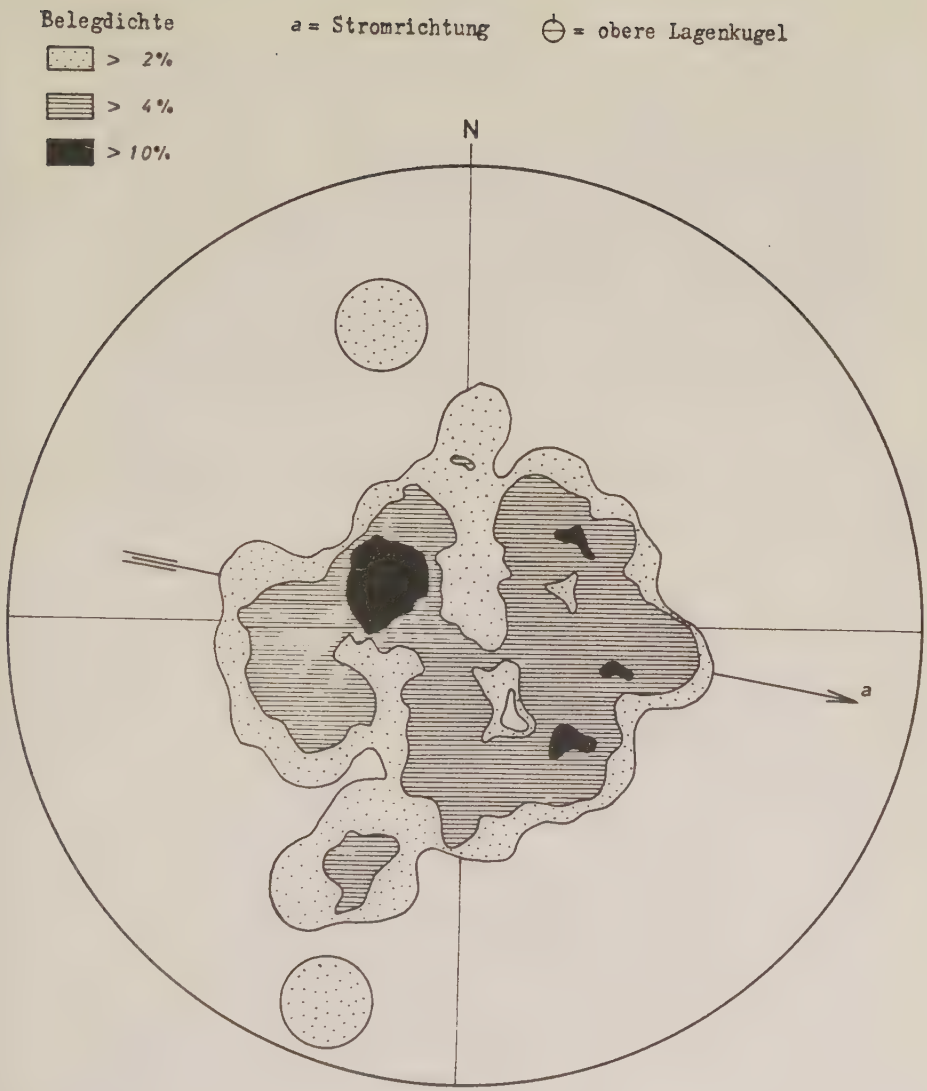
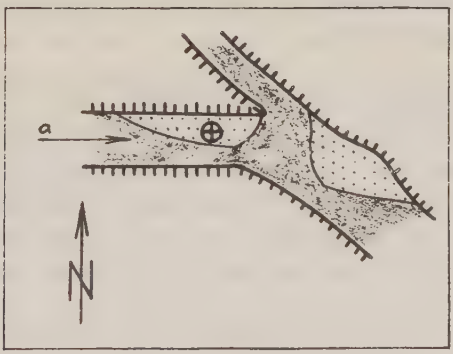


Diagramm Nr. 2: VILS, AB - Geröllquerschnitte, 5o Messungen ⊖ .

unteren Ende der regulierten Vils. Weiter ostwärts ist die Regulierung des mäandrierenden Flusses noch nicht durchgeführt. An dieser Stelle des Flußlaufes nimmt also die Stromgeschwindigkeit und somit auch die Transportkraft der Vils bei Hochwasser stark ab; das Schottermaterial sedimentiert rasch. In der Vils herrscht eine ständige Wasserführung. Bei normalem Wasserstand werden die oberflächennahen Partien der angeschwemmten Schotter ausgewaschen und die leichteren Bestandteile des Sandzwischenmittels weiter verfrachtet. In dem schlecht sortierten Vilsschotter kommen Geröllmaxima mit einer mittleren Achsenlänge von K = 11,1 cm (19 x 1o x 7 cm) vor.

2. Beschreibung und Deutung der Diagramme (Diagr. 1, 2)



Lageskizze der Meßstelle: An der Meßstelle verläuft die Stromrichtung 100° nach Osten
(a = Stromrichtung, ⊕ = Meßstelle)

a) Orientierung der langen Geröllachsen (A-Achsen)(Diagr. 1)

Das Diagramm der A-Achsen weist zwei bedeutende Felder maximaler Belegdichte auf. Die eine Häufung der Achsenausrichtung liegt im Polnetz zwischen 100° und 110°, die zweite um 90° gedreht zwischen 190° und 200°. Die Orientierung der Geröllachsen konzentriert sich parallel und quer zur Stromrichtung in zwei Maxima. Die Mehrzahl der Gerölle lagert mit der längsten Achse nahezu horizontal am Boden des Flußbettes. Die Einregelung der langen Geröllachsen

wird durch eine Richtungsrose im Zentrum des Polnetzes verdeutlicht.

Die Meßstelle befindet sich links vom Stromstrich. Dieser Umstand erklärt, daß im Diagramm die parallel ausgerichteten, langen Geröllachsen um ca. 10° von der Stromrichtung abweichen und zum Stromstrich hinweisen. Am Rande des Flußbettes konvergieren die A-Achsen der Gerölle noch deutlicher zur Flußmitte hin.

Die im Diagramm rechtwinklig zueinander liegenden Maxima sind durch die herrschenden Sedimentationsverhältnisse bedingt. Die am Untersuchungsort auftretende, abrupte Verringerung der Wassergeschwindigkeit hat bei Hochwasser eine rasche Ablagerung des mitgeführten Materials zur Folge. Die restliche, noch wirkende Wasserkraft richtet nur einen Teil der Geröllachsen in Stromrichtung aus. Die übrigen Gerölle behalten die für den Transport kennzeichnende Querlage der A-Achsen bei.

b) Orientierung der größten Geröllquerschnitte (AB-Ebene)(Diagr. 2)

Im Diagramm der größten Geröllquerschnitte erscheinen die maximalen Belegdichtefelder im Zentrum des Polnetzes. Die Verteilung der Belegdichtefelder um den Netzmittelpunkt kennzeichnet die bevorzugt flache Lage des größten Querschnitts der Gerölle.
Das größte Belegdichtemaximum zeigt eine schwache Kippung der AB-Ebenen der Gerölle gegen die Stromrichtung. Drei kleinere Dichtezentren gehören den in Stromrichtung geneigten Geröllquerschnitten an. In den Grundzügen erkennt man im Diagramm eine Einregelung der AB-Ebenen der Gerölle zwischen 100° und 110°. Es bestätigt die im Diagramm 1 erkannte vorherrschende Orientierung der Gerölle im Korngefüge der Schotter.

B. Isar, S-München, Unterschäftlarn

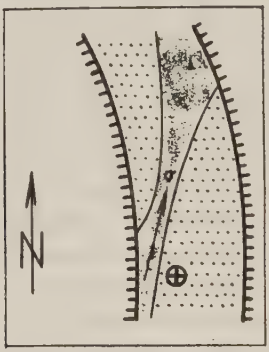
1. Sedimentationsverhältnisse und Ausbildung der Schotter

Der Schottertransport findet in der Isar, wie in der Vils, nur bei Hochwasser statt. Er unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Die

Transportkraft der Isar ist bei niederem Wasserstand noch so groß, daß Feinkies verfrachtet wird. Die Transportkraft des Flusses bei Hochwasser kommt in der Größe der Geröllmaxima zum Ausdruck: Geröllmaxima (5o x 16 x 1o cm) bis zu einer mittleren Achsenlänge von K = 31 cm wurden gemessen. Sie liegen mit ihrer längsten Achse meist quer zur Transportrichtung, während sich die langen Geröllachsen des Grobkieses fast vollständig parallel zur Strömung einstellen. Daran erkennt man, daß die Wasserführung der Isar und somit die Transportkraft des Flusses langsamer abnimmt, als im beschriebenen Teil des Vilsbettes. Das in der Isar sedimentierte Schottermaterial wird deshalb in den oberen Partien kräftig ausgewaschen. An der Oberfläche der Kiesbänke handelt es sich darum ausschließlich um einen sandfreien Grob- und Blockkies. Die Dachziegelpackung der Gerölle herrscht hier, im Gegensatz zur Vils, vor. Der Schotter ist relativ gut sortiert; erst in ca. 2o cm Tiefe kommen Block- bis Feinkies und Sandzwischenmittel zusammen vor. Im Bereich des untersuchten Isarbettes kann an der Gestalt der Kiesbänke deren Form als Schüttungskörper erkannt werden. Die langgestreckten, bis zu 2o m breiten Schotterflächen bilden die Luvseiten der Schüttungskörper, deren Leeabhang an einigen Stellen erhalten blieb. Die Leeseite erreicht selten eine Höhe von mehr als 3o cm und entspricht der Mächtigkeit der geschütteten Schotterlagen.

Die in den Diagrammen dargestellten Messungen wurden an einer Kiesbank von 12o m Länge und 2o m Breite durchgeführt. An der Meßstelle fließt die Isar in einem weiten Bogen nach Westen, das Flußbett verläuft also nicht geradlinig. Die Wasserströmung liegt darum naturgemäß nicht in der Richtung des Flußbettes, sondern der Stromstrich bricht nach Osten zu gegen den Prallhang aus.

2. Beschreibung und Deutung der Diagramme (Diagr. 3, 4)



Lageskizze der Meßstelle: Die Richtung des Flußbettes beträgt am Meßpunkt 350°. Die Stromrichtung verläuft etwa 30° N. (a = Stromrichtung, ⊕ = Meßstelle)

a) Orientierung der langen Geröllachsen (A-Achsen)(Diagr. 3)

Das Diagramm 3 enthält ein Hauptmaximum am SW-Rand des Polnetzes bei 210° - 220°. Ein kleineres Dichtezentrum erscheint in der Osthälfte des Netzes bei 70°. Die Anordnung der Belegdichtefelder zeigt die vorherrschende Ausrichtung der langen Geröllachsen parallel zur Flußrichtung. Die Achsen sind flach gegen die Stromrichtung geneigt und belegen die Dachziegelpackung der Gerölle.
Die Ausrichtung der langen Geröllachsen wird auch hier durch eine Richtungsrose im Zentrum des Polnetzes hervorgehoben.
Das bei 70° erscheinende kleinere Maximum läßt sich auf das zeitweilige Abweichen der Strömung nach Osten zurückführen, das an dieser Stelle des Flusses auftreten kann. Die kurze Spitze der Richtungsrose bei 100° - 110° wird von den quer zur Transportrichtung sedimentierten Geröllmaxima verursacht. Das Diagramm zeigt deutlich, daß sich nach Ablagerung der Gerölle ihr Hauptanteil mit den A-Achsen in Flußrichtung einstellt; ein Maximum, das der Querlage der Geröllachsen entsprechen würde und im Diagramm der Vilsschotter auftritt, fehlt.

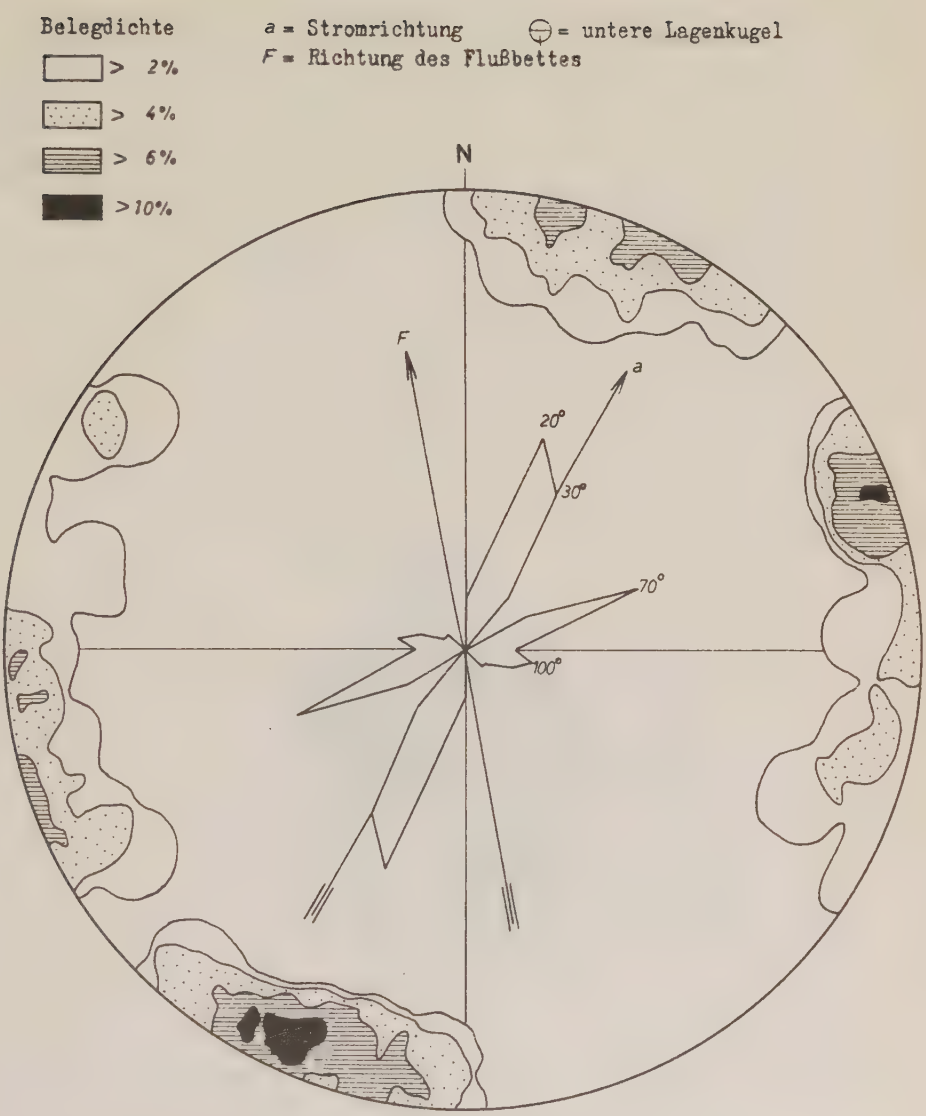


Diagramm Nr. 3: ISAR, A - Achsen der Gerölle, 50 Messungen ⊖ .

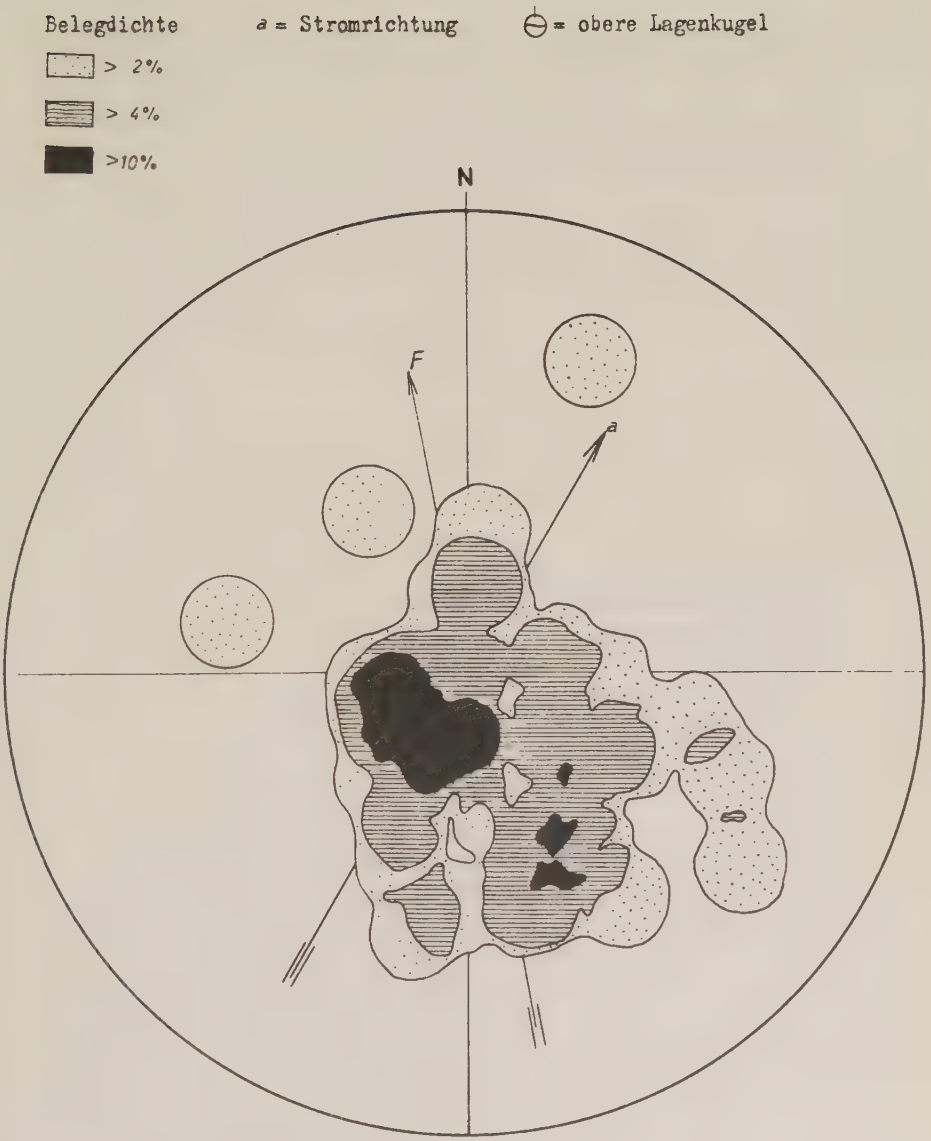


Diagramm Nr. 4: ISAR, AB - Geröllquerschnitte, 5o Messungen ⊖ .

b) Orientierung der größten Geröllquerschnitte (AB-Ebene)(Diagr. 4)

Das Diagramm liegt deutlich asymmetrisch zum Mittelpunkt des Polnetzes. Die höchste Belegdichte und die stärkste Kippung der AB-Ebenen der Gerölle erscheinen in der Südhälfte. Ein ausgeprägtes Maximum bei 210° stimmt mit der Ausrichtung der A-Achsen überein und bestätigt die Transportrichtung. Es liegt hier ein typisches Diagrammbild für die Dachziegelpackung der Gerölle vor. Die größten Geröllquerschnitte sind weitgehend gegen die Strömung geneigt. Der Neigungsbetrag ist dabei merklich höher als bei den Schottern, die keine Dachziegellagerung aufweisen.

VII. Das Gefüge des Nördlichen Vollschotters (NVS)

A. Alter und Ausbildung des NVS

Der NVS ist der älteste tertiäre Schotter der Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern; in ihm sind gefügeanalytische Untersuchungen relativ einfach durchführbar. Das ursprüngliche Gefüge des Vollschotters ist gut erhalten. Die Zahl der Aufschlüsse war ausreichend und die Gruben allgemein gut zugänglich.+

Die Gefügeuntersuchung fand in jenem Teil des Schichtgliedes statt, der vor Bildung des Süßwasserkalkes (BATSCHE, 1957) geschüttet wurde.

Der NVS erreicht eine Gesamtmächtigkeit bis zu 3o m. Auf Grund eingehender Kartierungen (H. BATSCHE, 1957, W. REHSE, 196o, E. SCHAUERTE und A. HESS 1961, C. SUTTER 196o) waren die bearbeiteten Aufschlüsse stratigraphisch eindeutig einzustufen und ihre jeweilige Höhenlage im NVS-Gesamtprofil gut feststellbar. Bei der Auswertung der Geländebefunde erwies es sich als günstig, die oberen 1o m im Vertikalprofil des Schichtgliedes von dem unteren Teil

---

+ Die bearbeiteten Aufschlüsse sind in einer Tabelle im Anhang (S. 76) zusammengestellt.

separat zu behandeln. Bei dieser getrennten Betrachtungsweise erfaßt man im unteren Teil des NVS den Beginn und Hauptteil der Schüttung, im oberen Teil die Endphase der Sedimentation.

Auf die eingehende Beschreibung des petrographischen Bestandes des NVS kann verzichtet werden; sie ist in den Arbeiten von WURM (1937, S. 293 ff.), BLISSENBACH (1957, S. 34 ff.) und BATSCHE (1957, S. 266 ff.) gegeben. Für unsere Arbeiten ist nur die Feststellung wichtig, daß der NVS ein Grobschotter ist, der eine reiche Beteiligung alpiner Komponenten aufweist.

B. Beschreibung der Stoffeigenschaften

Für die sichere Deutung der Gefügediagramme ist die Kenntnis der Stoffeigenschaften (Korngröße, Kornverteilung, Kornform) notwendig (R. BRINKMANN, 1955, S. 562 ff.). Diese Stoffeigenschaften (J. KALTERHERBERG, 1956, S. 53) beeinflussen nämlich weitgehend die Orientierung der Gerölle und die Art der Schichtung. Daher werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Stoffeigenschaften zuerst beschrieben.

1. Geröllmaxima

Im Schichtverband des NVS kommen maximal große Gerölle unregelmäßig eingestreut vor. Man beobachtet sie im Grobkies, wie auch im Feinkies. Sie sind selten in Block- oder Grobkieslagen angereichert. Häufig fehlt der kontinuierliche Übergang zu den Korngrößen ihrer Umgebung. Ihre Verteilung im NVS zeigt, daß es sich hier um einen schlecht sortierten Schotter handelt (s.S.44).

Den folgenden Ergebnissen liegen die Daten von 8oo eingemessenen maximal großen Geröllen zu Grunde; an jedem Geröll wurde die Länge der A-, B- und C-Achse festgestellt. Die Geröllgröße wird durch das geometrische Mittel K der Achsenlängen ausgedrückt (s. Meth. S.1o).

Um die Verteilung der Geröllmaxima im Vertikalprofil des NVS zu erkennen, wurden die Ergebnisse der Geländearbeit für den oberen und unteren Teil des Schotters getrennt betrachtet (s. Abb. 2, 3).

Für den unteren Teil des NVS beträgt der nach dem arithmetischen Mittel errechnete Durchschnittswert K_m = 11,6 cm, für den oberen Teil K_m = 9,65 cm.
Beim Vergleich der Einzelwerte (Abb. 2,3) ist die deutliche Verschiebung zu höheren K-Werten im unteren Teil des NVS sichtbar.

Die Geröllmaxima haben also in den oberen 1o m des Schotters geringere Ausmaße als in den darunterliegenden Teilen. Daraus kann man auf ein allmähliches Nachlassen der Transportkraft der Flüsse bei der Schüttung der oberen Partien schließen.

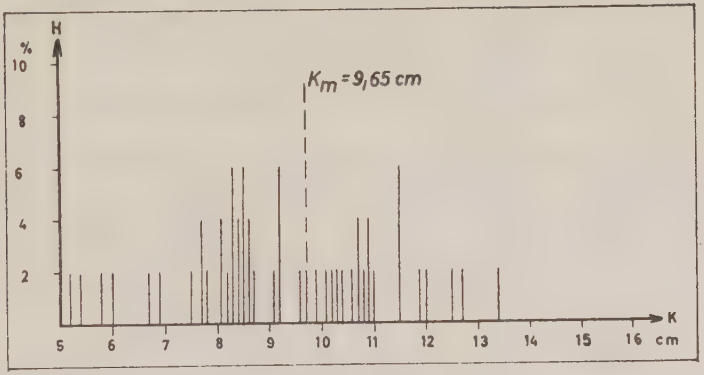


Abb. 2: Geröllmaxima im oberen Teil des NVS
H = Anzahl der Geröllmaxima (in Prozent)
K = mittlere Länge der Achsen eines Gerölls (geometr. Mittel)
K_m = Durchschnittswert von K (arith. Mittel)

Bei der regionalen Betrachtung werden vor allem die höchsten Einzelwerte (K) der Geröllmaxima, die in den untersuchten Aufschlüssen zu messen waren, beachtet. Sie wurden in Tab. 1 zusammengefaßt. Der Durchschnittswert von K liegt hier bei 12,6 cm, das Maximum bei 15,8 cm (Aufschluß Nr. 11).

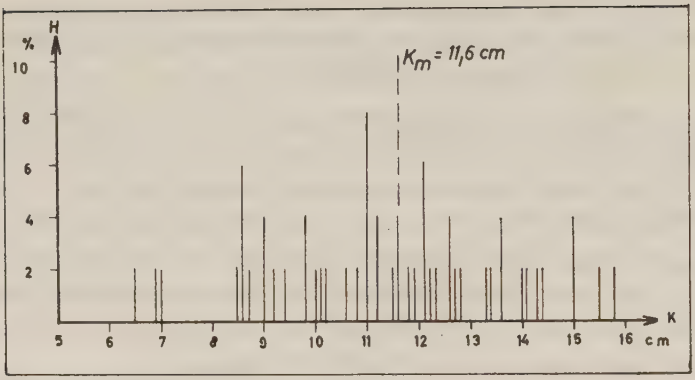


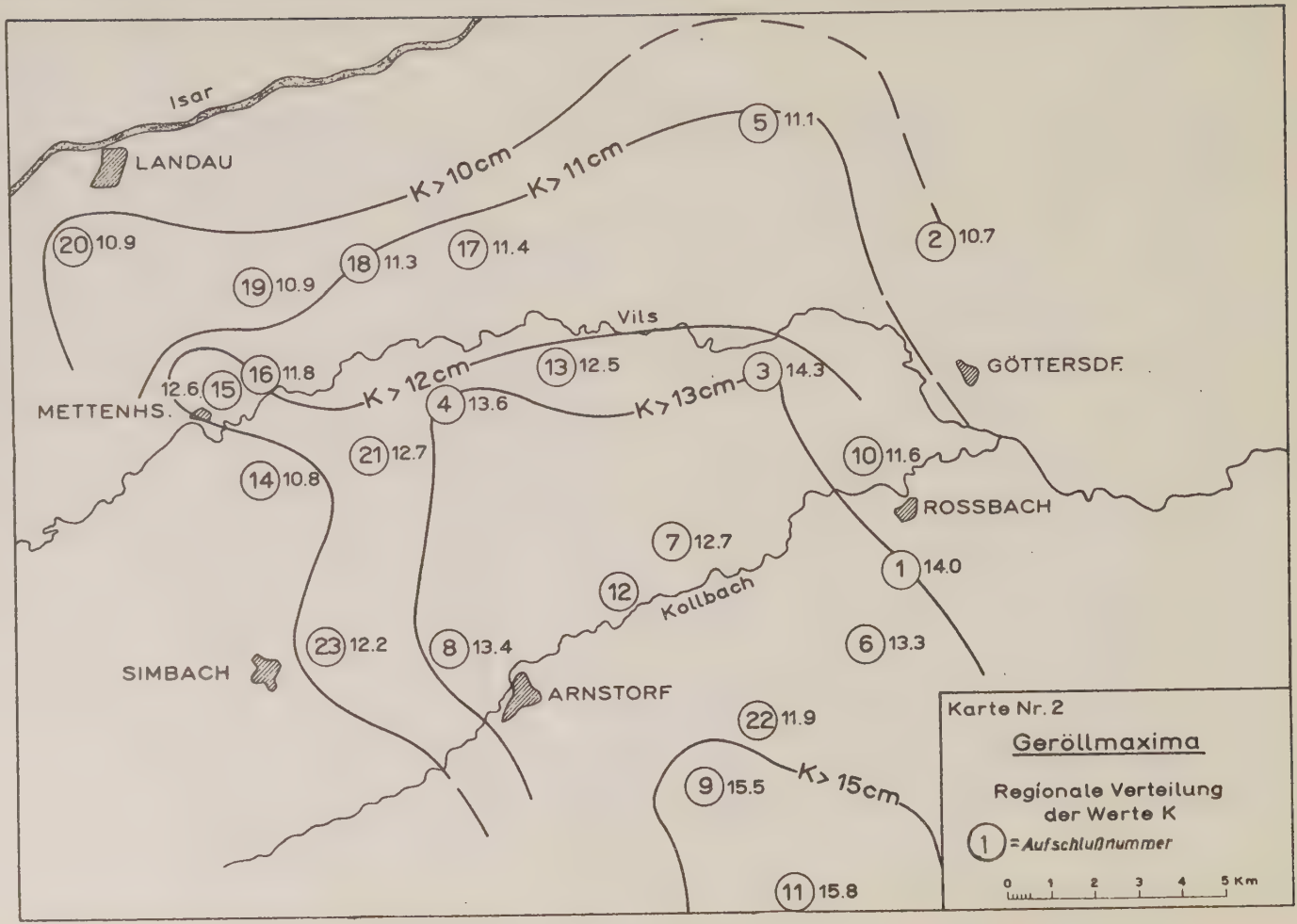
Abb. 3: Geröllmaxima im unteren Teil des NVS
H = Anzahl der Geröllmaxima (in Prozent)
K = mittlere Länge der Achsen eines Gerölls (geometr. Mittel)
K_m = Durchschnittswert von K (arith. Mittel)

Im Verbreitungsgebiet des NVS ergibt sich eine Abnahme der Korngröße der Geröllmaxima von SE nach NW (s. Karte Nr. 2). Die größten Gerölle enthält der Vollschotter im Südosten (Aufschl. 9, 11). Weiter in NW-Richtung verringert sich der Wert von K von 13 cm (Aufschl. 1,3,4,8) über 12 - 11 cm (Aufschl. 13,15,16,17,18,21, 23 u.a.) bis auf 11 - 1o cm (Aufschl. 2,14,19,2o).

Nr.	A	B	C	K	Nr.	A	B	C	K
1	24,o	11,5	1o,o	14,o	13	16,5	12,o	1o,o	12,5
2	14,4	9,5	9,o	1o,7	14	2o,o	9,5	7,o	1o,8
3	19,5	13,5	11,o	14,3	15	21,o	11,5	8,5	12,6
4	24,o	1o,5	1o,o	13,6	16	16,o	13,o	8,o	11,8
5	16,5	11,o	7,5	11,1	17	17,5	12,o	7,5	11,4
6	19,o	12,o	1o,5	13,3	18	2o,o	8,5	8,o	11,3
7	17,o	11,5	11,o	12,7	19	17,o	11,o	7,o	1o,9
8	22,o	11,5	9,5	13,4	2o	17,o	1o,5	7,5	1o,9
9	24,o	13,o	12,5	15,5	21	19,o	12,o	9,o	12,7
1o	17,5	1o,o	9,o	11,6	22	2o,5	8,o	7,o	11,9
11	3o,5	12,o	11,o	15,8	23	18,5	11,5	8,5	12,2
12	17,5	11,o	7,5	11,4					

Tabelle 1: Ausmaße der größten Gerölle in den Aufschlüssen des NVS
K = geometrisches Mittel der Länge der A-, B- und C-Geröllachse, Nr. = Aufschlußnummer

Die regionale Verteilung der Geröllmaxima deutet auf eine NW gerichtete Schüttung des NVS.


Isar
LANDAU
K > 10cm
K > 11cm
5 11.1
20 10.9
19 10.9
18 11.3
17 11.4
2 10.7
Vils
GÖTTERSDF.
METTENHS.
12.6
15
16 11.8
K > 12cm
13 12.5
3 14.3
4 13.6
K > 13cm
21 12.7
10 11.6
14 10.8
ROSSBACH
7 12.7
1 14.0
12
Kollbach
23 12.2
8 13.4
6 13.3
SIMBACH
ARNSTORF
22 11.9
9 15.5
K > 15cm
11 15.8
Karte Nr. 2
Geröllmaxima
Regionale Verteilung der Werte K
1 = Aufschlußnummer
0 1 2 3 4 5 Km

2. Mittlere Korngröße des Kiesanteils

Zur Beurteilung des Gefügebildes des NVS war die mittlere Korngröße (n. W.G. BOGOMOLOW 1958) des Kiesanteils wissenswert (s. Meth. S. 1o).

Für den oberen und unteren Teil des NVS ergaben sich folgende Werte der mittleren Korngröße:

oben zwischen 1,5 - 3,o cm (Abb. 4)
unten zwischen 2,5 - 4,o cm (Abb. 5)

Die dazugehörigen Mittelwerte M betragen für oben 2,3 cm, für unten 3,5 cm.
Die mittlere Korngröße des NVS ist in den unteren Partien größer als in den oberen. Das Korngrößenintervall der vorherrschenden Fraktion ist im unteren Teil des Vollschotters bedeutend breiter als im oberen.
Auch die Verringerung der mittleren Korngröße von unten nach oben ist, ebenso wie die Verteilung der Geröllmaxima im Vertikalprofil, durch ein Nachlassen der Transportkraft bei der Schüttung des oberen Teiles des NVS erklärbar.

Weitere Angaben über die Gesamtkornverteilung im NVS überhaupt und deren Darstellung in Summenkurven liegen in der Arbeit von STIEFEL (1957, S. 234 ff.) vor.

Für eine regionale Betrachtung der Verteilung der Werte der mittleren Korngröße ist e i n Zahlenwert, der mit anderen direkt vergleichbar ist, notwendig. Als solcher wurde der Wert M gewählt, der das arithmetische Mittel des Korngrößenintervalls der größten Fraktion darstellt (s. Meth. S. 1o).

Im Durchschnitt ergibt sich für den gesamten NVS-Verband ein Wert von M = 2,9 cm. Um eine Vergleichsmöglichkeit zu der mittleren Korngröße des Kiesanteils des NVS zu erhalten, wurde diese von zusammen 16 Proben des Südlichen und des Hangenden Nördlichen Vollschotters bestimmt. Dabei ergab sich für beide Schotter ein Mittelwert von M = 1,7 cm.

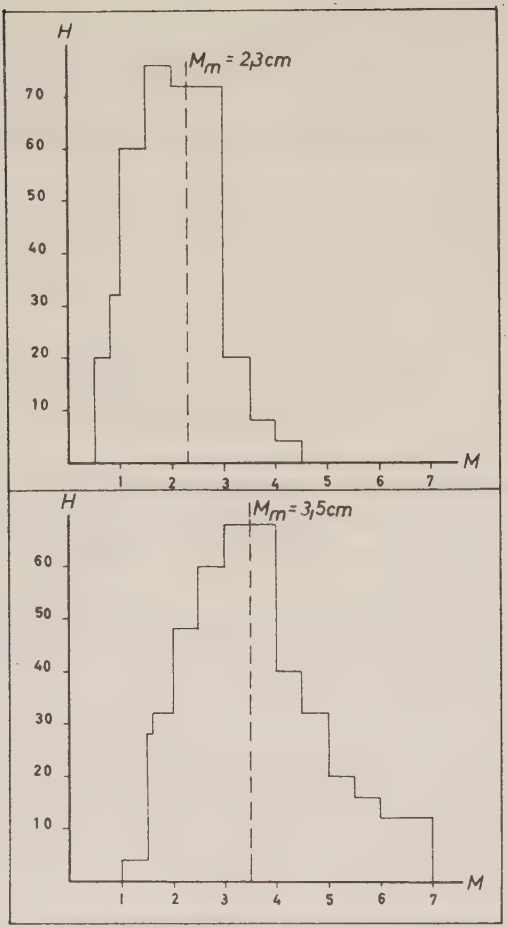


Abb. 4: Mittlere Korngröße im oberen Teil des NVS

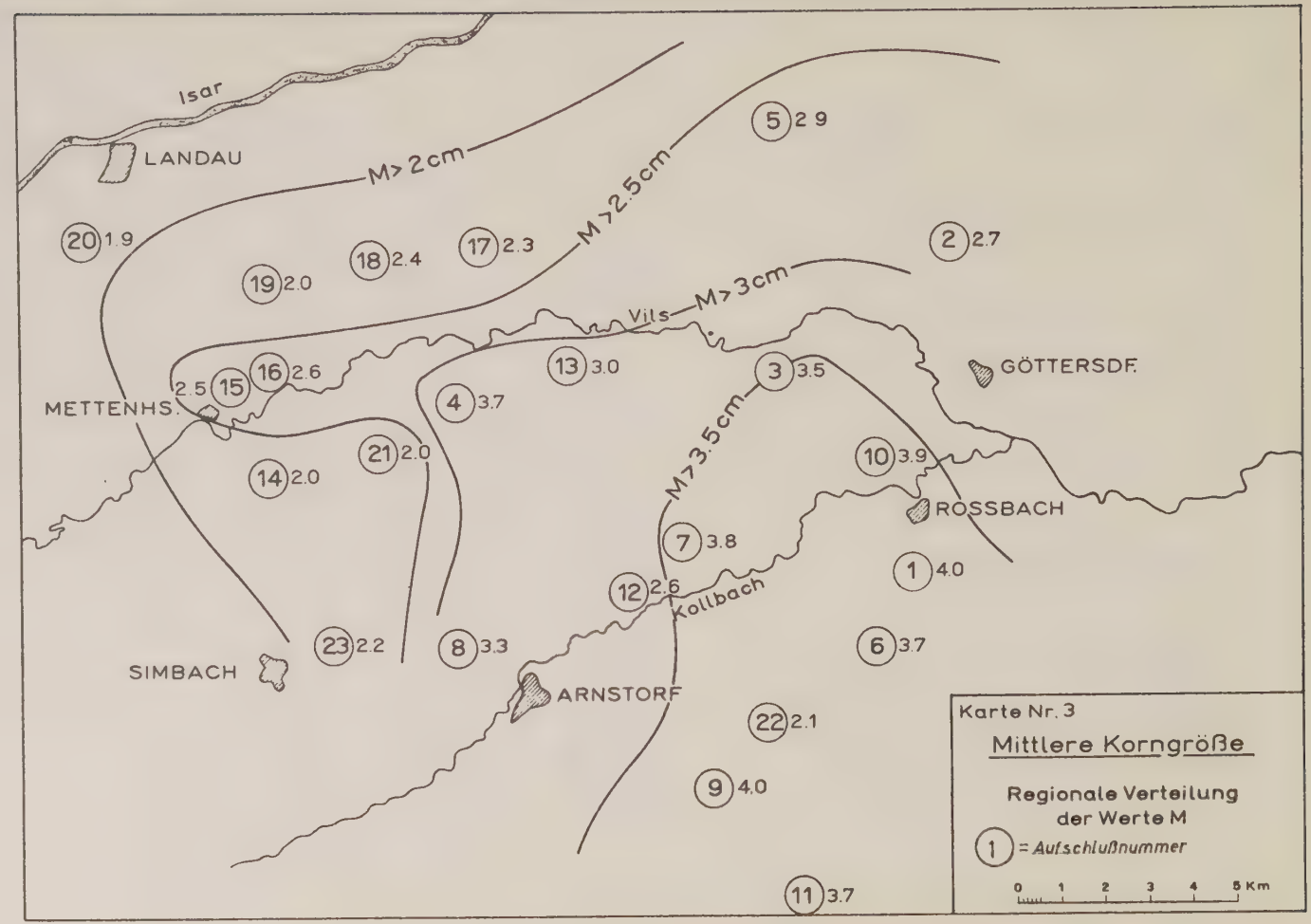
M = mittlere Korngröße
H = Zahl der Proben
M_m = Durchschnittswert der mittleren Korngröße

Abb. 5: Mittlere Korngröße im unteren Teil des NVS

M = mittlere Korngröße
H = Zahl der Proben
M_m = Durchschnittswert der mittleren Korngröße

Für die untersuchten Aufschlüsse des NVS wurden die mittleren Korngrößen in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die regionale Übersicht der Werte der Einzelaufschlüsse zeigt im allgemeinen eine Abnahme der mittleren Korngröße von SE nach NW (s. Karte Nr. 3). Dieses Ergebnis stimmt mit dem der Verteilung der Geröllmaxima überein. Es bestätigt die Haupttendenz einer NW gerichteten Schüttung.


Isar
LANDAU
M> 2cm
M>2.5cm
M>3cm
M>3.5cm
Vils
Kollbach
METTENHS.
SIMBACH
ARNSTORF
GÖTTERSDF.
ROSSBACH
20 1.9
19 2.0
18 2.4
17 2.3
5 2.9
2 2.7
16 2.6
15 2.5
13 3.0
3 3.5
4 3.7
21 2.0
14 2.0
10 3.9
7 3.8
1 4.0
12 2.6
23 2.2
8 3.3
6 3.7
22 2.1
9 4.0
11 3.7
Karte Nr. 3
Mittlere Korngröße
Regionale Verteilung der Werte M
1 = Aufschlußnummer
0 1 2 3 4 5 Km

Nr.	M cm	Fraktion F1 cm F2	Nr.	M cm	Fraktion F1 cm F2
1	4,o	1,6 - 6,4	13	3,o	2,5 - 3,5
2	2,7	1,6 - 3,8	14	2,o	o,9 - 3,1
3	3,5	2,5 - 4,5	15	2,5	1,6 - 3,4
4	3,7	1,6 - 5,8	16	2,6	1,6 - 3,6
5	2,9	1,6 - 4,2	17	2,3	1,6 - 3,o
6	3,7	1,8 - 5,6	18	2,4	1,6 - 3,2
7	3,8	2,5 - 5,1	19	2,o	o,8 - 3,2
8	3,3	1,6 - 5,o	2o	1,9	o,8 - 3,o
9	4,o	2,6 - 5,4	21	2,o	o,8 - 3,2
1o	3,9	2,o - 5,8	22	2,1	o,8 - 3,4
11	3,7	2,5 - 4,9	23	2,2	o,8 - 3,6
12	2,6	1,4 - 3,8			

Tabelle 2: Nördlicher Vollschotter, mittlere Korngröße des Kiesanteils
F1, F2 = Korngrößenintervall der vorherrschenden Fraktion
M = arithmetisches Mittel des Korngrößenintervalls
Nr. = Aufschlußnummer

3. Sandzwischenmittel

Das Sandzwischenmittel wurde bei der Gefügeanalyse des NVS gesondert untersucht. Dabei wurde die Siebanalyse an 11o Proben durchgeführt; als Korngrößenklassifikation wurde die Einteilung von v. ENGELHARDT benutzt.

Für die Darstellung in Abbildung 6 und 7 wurden solche Beispiele ausgewählt, die Durchschnittswerte der Korngrößenverteilung des Sandzwischenmittels des NVS darstellen. Die dabei angeführten Aufschlüsse erschließen nahezu das gesamte Vertikalprofil des NVS und sind regional gleichmäßig im Arbeitsgebiet verteilt.

Beim Rechteckdiagramm (Abb. 6) der Kornverteilung des Sandzwischenmittels und der dazugehörigen Summenkurve (Abb. 7) liegt das Maximum mit 45 % - 56 % zwischen o,12 - o,25 mm im Feinmittelsandbereich. Ein bedeutender Grobmittelsandanteil von 2o % - 41 % zwischen o,25 - o,5 mm ist vorhanden. Korngrößen zwischen o,o6 - o,12 mm sind bis zu 1o % beteiligt. Der Korngrößenanteil $<$o,o6 mm schwankt zwischen o,9 - 3,o %.

Diese Kornverteilung im Sandzwischenmittel trägt zur dichten Packung des Schotters bei. Der hohe Feinkornanteil füllt die Räume zwischen

den groben Geröllen des Kiesanteils dicht aus und verleiht dem Schotter eine beachtliche Standfestigkeit.

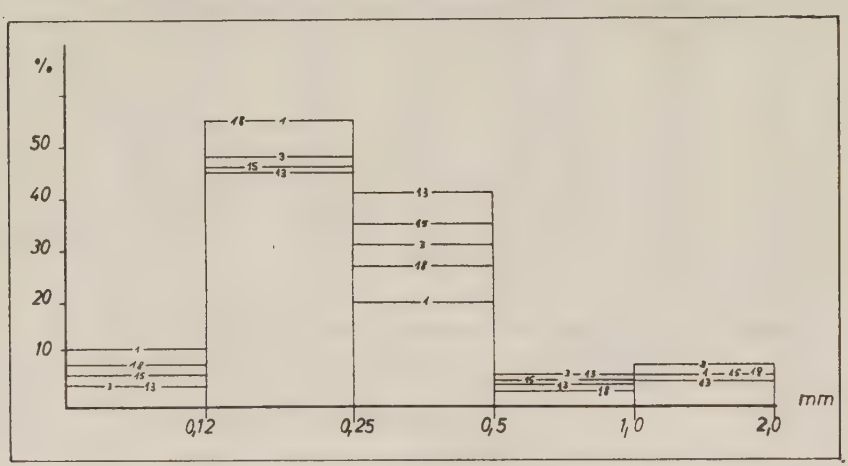


Abb. 6: Rechteckdiagramm der Kornverteilung des Sandzwischenmittels (Aufschl. Nr. 1,3,13,15,18).

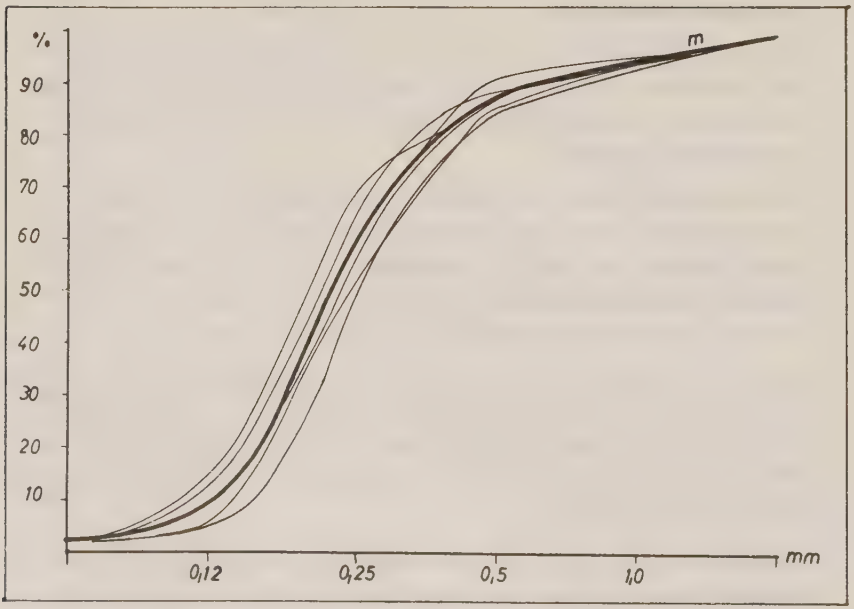


Abb. 7: Summenkurve der Korngrößenverteilung des Sandzwischenmittels. M = gemittelte Kurve.

Die untersuchten Proben zeigen im Horizontal- und Vertikalprofil des NVS keine Unterschiede in der Korngrößenverteilung. Die Siebanalyse ergab bei Proben aus reinen Sandeinschaltungen meist die gleichen Werte, wie bei denen des Sandzwischenmittels.

4. Gewichtsverhältnisse von Kies zu Sand

Eine genaue Kenntnis des Mengenverhältnisses von Kies zu Sand setzt BRINKMANN (1955) für eine Deutung des Schottergefüges voraus, denn das im Schotter enthaltene Sandzwischenmittel beeinflußt die Einregelung der Gerölle.

Der Anteil des Sandzwischenmittels wurde durch das Gewichtsverhältnis von Kies zu Sand dargestellt (= K-S-Wert). Der aufgestellte K-S-Wert gibt an, wieviel Kilogramm Kies auf 1 kg Sandzwischenmittel entfallen. Je geringer der Anteil des Sandzwischenmittels im Schotter ist, desto größer wird der K-S-Wert (s. Meth. S.11).

Den im folgenden beschriebenen Ergebnissen liegen 11o Einzelwerte zu Grunde.

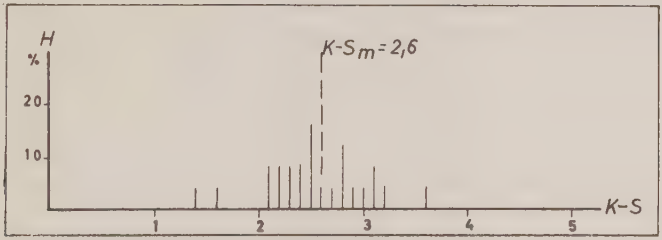


Abb. 8: K-S-Werte im oberen Teil des NVS
H = Häufigkeit, K-S$_m$ = Mittelwert v. K-S,
K-S = Verhältnis Kies : Sandzwischenmittel

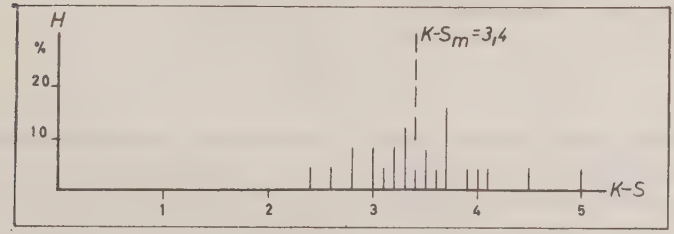


Abb. 9: K-S-Werte im unteren Teil des NVS
H = Häufigkeit, K-S$_m$ = Mittelwert v. K-S,
K-S = Verhältnis Kies : Sandzwischenmittel

Im unteren Teil des NVS erreicht der K-S-Wert im Durchschnitt 3,4 und er bewegt sich zwischen den Extremwerten 2,4 und 5,o. Eine Häufung erscheint zwischen 2,8 - 4,1 (s. Abb. Nr. 9).
Im oberen Teil des NVS beträgt der K-S-Wert im Durchschnitt 2,6; er liegt zwischen den Extremwerten von 1,4 und 3,6 (s. Abb. 8). Von 2,1 - 3,2 zeigt das statistische Diagramm eine Häufung.

Der Vergleich der Werte ergibt, daß in den oberen Partien des NVS der Anteil des Sandzwischenmittels steigt. Der höhere Sandgehalt der oberen Lagen des Vollschotters weist wiederum auf ein Nachlassen der Wassergeschwindigkeit bzw. der Transportkraft zur Zeit der Schüttung dieser Horizonte hin (s.S.23,25).

Für den Gesamtbereich des NVS resultiert aus den Mittelwerten der untersuchten Aufschlüsse ein Betrag von K-S = 3,0 (s. Tab. 3). Auffallend hohe K-S-Werte ergeben sich für die durch Fe- und Mn-Ausfällungen dunkel gefärbten Kieslagen. Der geringe Gehalt an Sandzwischenmittel, der eine große Durchlässigkeit zur Folge hat, bedingt die Ausfällung der Erze.

Nr.	K-S	Nr.	K-S
1	3,3	13	2,8
2	2,3	14	2,8
3	2,5	15	3,1
4	2,8	16	2,7
5	2,6	17	2,4
6	2,8	18	2,9
7	3,o	19	2,4
8	2,6	2o	3,o
9	2,8	21	3,o
1o	3,9	22	3,5
12	3,4	23	3,7

Tab. 3: Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel.
Mittelwert von K-S für die Aufschlüsse des NVS.
Nr. = Aufschlußnummer

Um einen Vergleichsmaßstab zu bekommen, wurden noch K-S-Werte anderer Schottertypen festgestellt. Aus 1o Proben des Südlichen Vollschotters wurde ein Mittelwert von K-S = 2,o ermittelt; 6 Proben des Hangenden Nördlichen Vollschotters ergaben im Durchschnitt K-S = 1,8.

Die Proben beider Schottertypen haben also einen bedeutend höheren Gehalt an Sandzwischenmittel als der NVS

Bei der regionalen Darstellung der K-S-Werte (s. Karte Nr. 4) liegen die von 3,o und größer in einer im SE breit beginnenden Zone (Aufschl. Nr. 22, 1, 12, 7), die sich weit nach NW erstreckt (Aufschluß-Nr. 15, 2o) und rasch verschmälert. Sie wird von Gebietsstreifen mit kleineren K-S-Werten umsäumt. Diese Verteilung deutet darauf hin, daß im Zentralraum der NW gerichteten NVS-Schüttung der Sandanteil im Schotter geringer ist, als in den randlichen Bereichen.

Stellt man den mittleren Korngrößen M die zugehörigen K-S-Werte gegenüber, so zeigt sich, daß bei zunehmender mittlerer Korngröße des Schotters der Gehalt an Sandzwischenmittel geringer wird (s. Abb. 1o).

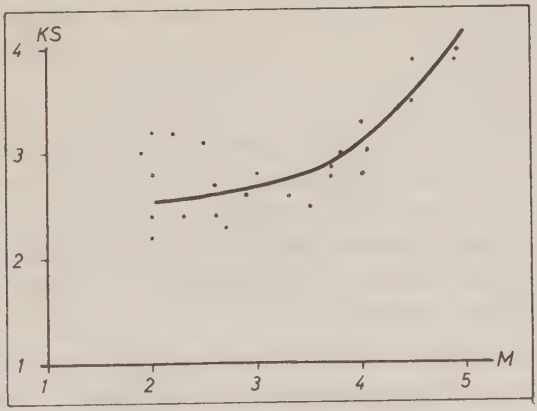


Abb. 1o: Abhängigkeit der mittleren Korngröße von Anteil des Sandzwischenmittels (K-S = Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel, M = mittlere Korngröße)

Besonders deutlich erscheint die Abhängigkeit bei höheren Werten der mittleren Korngröße (3,o - 5,o cm). Abweichungen häufen sich nur bei feinerkörnigem Kies mit M = 2,o - 2,5 cm; sie werden durch

die hohen K-S-Werte der Aufschlüsse, die im Zentralraum der NVS-Schüttung im NW-Teil des Gebietes liegen, hervorgerufen (s. Karte Nr. 4, Aufschl.Nr. 15, 20, 21, 23). Die von SE nach NW abnehmenden mittleren Korngrößen fallen hier im Nordwesten mit gleichbleibenden K-S-Werten zusammen. Es handelt sich danach um einen Schotter von kleinerer mittlerer Korngröße und einem niedrigen Sandzwischenmittelgehalt.

5. Geröllform

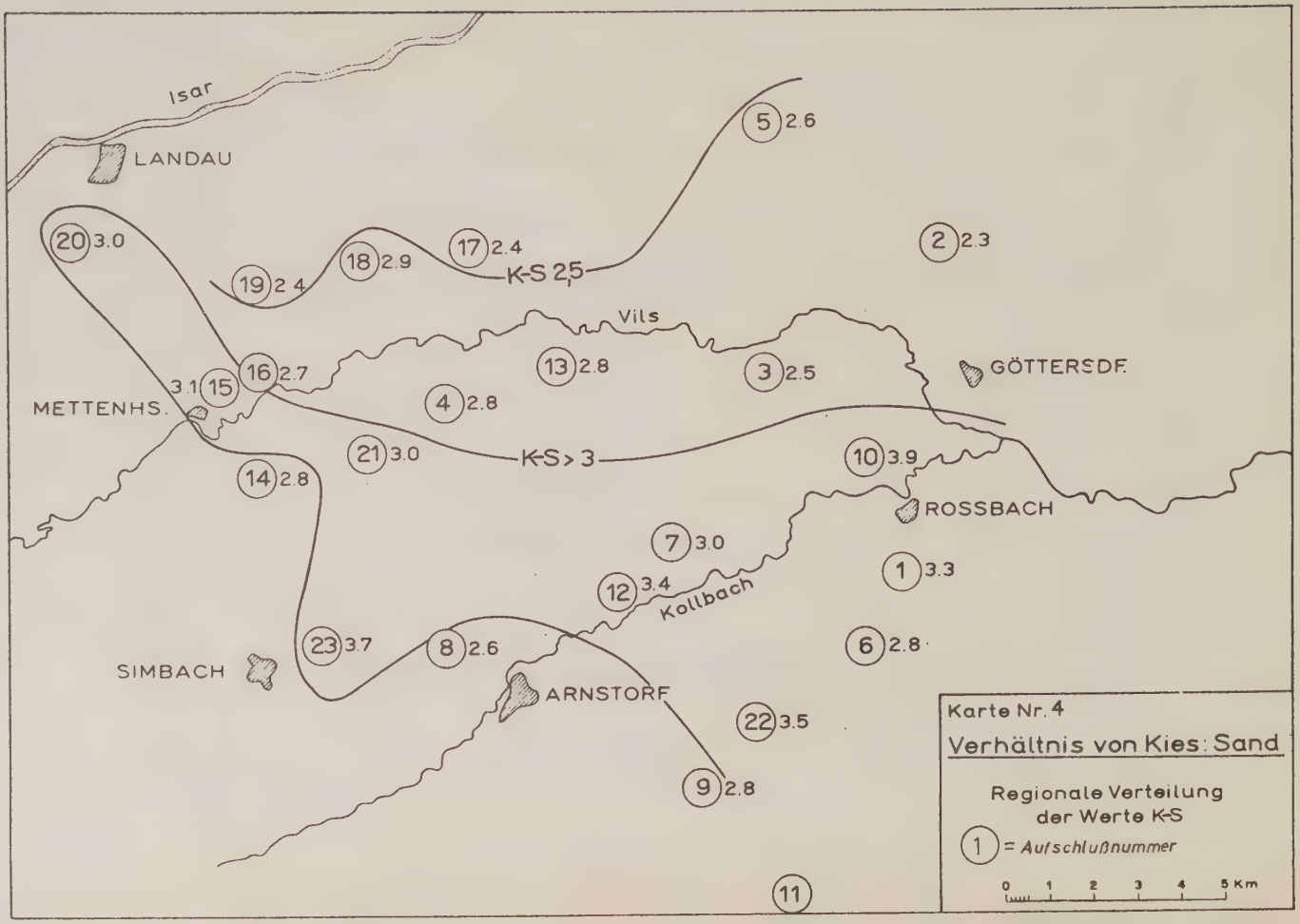
Die Geröllform ist für einen Schotter oft ein spezifisches Merkmal; sie ist daher bei Schotternalysen stets zu berücksichtigen. Zur Bestimmung der Geröllform wurde die Rundung und der Grad der Stengeligkeit der Gerölle festgestellt (s. Meth. S.12,13).

a) Kornrundung des Kiesanteils

Die Rundung der Gerölle der Schotterproben wird nach der Methode von CHABAKOW bestimmt. Je größer der Wert R ist, umso stärker sind die Gerölle abgerundet.
Die Kornrundung R des Kiesanteils des NVS wurde an 79 Proben bestimmt (s. Tab. 4). Die Rundungsgrade 0 und I treten im NVS nicht auf. Es überwiegt der Rundungsgrad II und III. Etwa 10 % der ausgezählten Gerölle zeigen die vollkommene Abrollung IV. Die durch Sackungen im Schotterverband oder durch Verwitterungseinflüsse zerbrochenen bzw. vergrusten Gerölle wurden zur Bewertung der Kornrundung nicht herangezogen.

Bei den Untersuchungen war zu erkennen, daß der ermittelte Rundungsgrad weitgehend vom petrographischen Bestand des Schotters abhängt, weil neben den Sedimentationsverhältnissen auch Feste- und Gefügeeigenschaften der Gerölle maßgebend sind.
Die Abhängigkeit der Kornrundung R vom petrographischen Bestand war im NVS deutlich zu erkennen. Dabei entsprachen den einzelnen Geröllkomponenten folgende Werte:

Geröllpetrographie:	Quarz	Kristallin	Kalk
Kornrundung:	II, III	III, selten IV	III, häufig IV


Isar
LANDAU
METTENHS.
SIMBACH
ARNSTORF
GÖTTERSDF.
ROSSBACH
Vils
Kollbach
K-S 2,5
K-S > 3
5 2.6
2 2.3
20 3.0
19 2.4
18 2.9
17 2.4
13 2.8
3 2.5
3.1 15
16 2.7
4 2.8
21 3.0
14 2.8
10 3.9
7 3.0
1 3.3
12 3.4
23 3.7
8 2.6
6 2.8
22 3.5
9 2.8
11
Karte Nr. 4
Verhältnis von Kies: Sand
Regionale Verteilung der Werte K-S
(1) = Aufschlußnummer
0 1 2 3 4 5 Km

Nr.	Rundungsgrad IV	III	II	Rp %	R %	Nr.	Rundungsgrad IV	III	II	Rp %	R %
1	8	24	18	7o,o	69,8	15	8	22	2o	69,o	69,5
	1o	28	12	74,o			1o	13	27	66,5	
	6	26	18	69,o			7	22	21	68,o	
	5	23	22	66,5			16	22	12	77,o	
2	5	25	21	68,5	68,o		7	2o	23	67,o	
	8	19	23	67,5		16	7	22	21	68,o	67,9
3	2	23	25	63,5	65,3		6	22	22	67,o	
	3	18	29	62,o			9	21	2o	69,5	
	1o	21	19	7o,5			1o	2o	2o	7o,o	
4	6	25	19	68,5	69,3		4	22	24	65,o	
	9	21	2o	69,5		17	6	24	2o	68,o	66,4
	7	26	17	7o,o			6	23	21	67,5	
5	3	28	19	67,o	68,5		4	18	28	63,o	
	7	28	15	71,o			6	22	22	67,o	
	5	25	2o	67,5		18	7	29	14	71,5	68,5
6	3	25	22	65,5	68,1		4	29	17	68,5	
	8	28	14	72,o			4	27	19	67,5	
	5	24	21	67,o			4	29	17	68,5	
7	8	27	15	71,5	72,2		5	24	21	67,o	
	1o	31	9	75,5		19	4	26	2o	67,o	67,4
	9	31	1o	74,5			6	23	21	67,5	
	7	21	22	67,5			7	22	21	68,o	
8	7	27	16	7o,5	71,1		6	22	22	67,o	
	7	3o	13	72,o		2o	4	18	28	63,o	65,o
	8	26	16	71,o			4	24	22	66,o	
9	7	29	14	71,5	7o,o		1	28	21	65,o	
	5	29	16	69,5			6	22	22	67,o	
	4	3o	16	69,o			3	22	25	64,o	
1o	8	26	16	71,o	71,3	21	5	26	19	68,o	67,1
	8	33	9	7o,5			6	18	26	65,o	
	9	27	14	72,5			6	26	18	69,o	
12	7	26	17	7o,o	68,8		5	19	26	64,5	
	8	24	18	7o,o			8	24	18	7o,o	
	5	23	22	66,5			6	21	23	66,5	
13	6	29	15	7o,5	73,o	22	3	24	23	65,o	65,8
	7	33	1o	73,5			5	23	22	66,5	
	8	34	8	75,o			4	24	22	66,o	
14	9	3o	11	74,o	72,2	23	8	26	16	71,o	69,6
	9	23	18	7o,5			9	22	19	7o,o	
							5	24	21	67,o	

Tabelle 4: Kornrundung (R) des Kiesanteils des NVS.
Rundungsgrad nach CHABAKOW.
Rp = Rundung der Gerölle der Probe in Prozent
R = Mittelwert der Geröllrundung für den Aufschluß
Nr.= Aufschlußnummer

Der Rundungsgrad der maximal großen Gerölle liegt zwischen II und III, da es sich dabei meist um Quarzgerölle handelt.

Beim Vergleich zwischen den oberen und unteren Teilen des NVS sind keine wesentlichen Unterschiede in der Geröllrundung festzustellen. Für die obere Partie beträgt R = 68,3 %, für die untere 69,3 %. Die Differenz von 1 % ist für den hier angelegten Wertmaßstab unbedeutend. Die verhältnismäßig gleichbleibende Geröllform kann auf die Monotonie der petrographischen Zusammensetzung des NVS im gesamten Vertikalprofil zurückgeführt werden. Die in der zeitlichen Abfolge auftretenden Wechsel der Sedimentationsbedingungen haben auf die Ausbildung der Kornrundung keinen merkbaren Einfluß.

Für den bearbeiteten NVS-Bereich ergab die Mittelung sämtlicher Werte für R = 69,2 %, d.h. die Rundungsgrade II und III dominieren. Der Wert von R entspricht der Rundung der Quarz- und Kristallingerölle, die den Hauptteil des Geröllbestandes des NVS ausmachen. Der Anteil der Karbonatgerölle ist relativ gering.
Die Analyse des Rundungsgrades einzelner Proben des Südlichen Vollschotters und des Hangenden Nördlichen Vollschotters ergab für beide Schottertypen einen Wert von R = 61 %.
Dieser vom NVS abweichende Betrag von R weist auf eine etwas größere Beteiligung der Quarzgerölle in der petrographischen Zusammensetzung des Südlichen und Hangenden Nördlichen Vollschotters hin.

b) Grad der Stengeligkeit der Gerölle

Durch das Verhältnis (F) der längsten Geröllachse (A) zur mittleren Geröllachse (B) wird der Grad der Stengeligkeit der Gerölle (n. KALTERHERBERG 1956) erfaßt. Je größer der Wert F ist, umso stengeliger ist die Geröllform (s. Meth. S. 12).

In Tabelle Nr. 5 wurden die Durchschnittswerte von F der untersuchten Aufschlüsse zusammengestellt. Maximal beträgt F = 1,8 (s. Aufschluß Nr. 6). Aus ca. 800 Gerölleinmessungen ergab sich für den NVS ein Mittelwert von F = 1,6. Die Durchmesser des zur Ellipse vereinfachten Geröllquerschnitts verhalten sich somit wie 1,6 : 1, d.h. ausgesprochen stengelige Formen sind im Geröllbestand des NVS selten.

Nr.	F	Nr.	F
1	1,6	13	1,6
2	1,6	14	1,6
3	1,6	15	1,7
4	1,6	16	1,5
5	1,6	17	1,6
6	1,8	18	1,7
7	1,7	19	1,5
8	1,6	2o	1,6
9	1,6	21	1,5
1o	1,5	22	1,7
11	1,5	23	1,6
12	1,5		

Tab. 5: Grad der Stengeligkeit (F) der Gerölle des NVS.
Werte von F für die Aufschlüsse des NVS.
Nr. = Aufschlußnummer

Die vergleichsweise durchgeführte Bestimmung des Grades der Stengeligkeit von 13o Geröllen des Südlichen und des Hangenden Nördlichen Vollschotters ergab im Mittel F = 1,8. Der Wert von F deutet hier auf ein etwas häufigeres Auftreten der stengeligen Geröllformen in diesen Schottertypen hin.

C. Beschreibung der Gefügemessungen

Die Dauer der Wasserführung, die Stromgeschwindigkeit und Stromrichtung bilden sich im Gefüge der Sedimente ab. So liefert also die Gefügeanalyse des NVS durch eine Bestimmung der Schichtung und der Geröllorientierung charakteristische Indizien, die als zusätzliche, meßbare Kennzeichen dieses Schichtgliedes dienen. Für unsere Arbeit wurden die Schichtung und die Geröllorientierung erfaßt und im flächentreuen Polnetz dargestellt (s. Meth. S.13). Die aus den Diagrammen resultierende Schüttungsrichtung wird von 0° - 360° angegeben, da es sich dabei um eine einseitig gerichtete Größe handelt. Die angewandte Geländemethode wird eingehend S.6 - 9 beschrieben.

1. Schichtgefüge

a) Beschreibung der Schichtungsart

Die Schichtungstypen wurden nach der Definition von RUCHIN (1958, S. 398) benannt. Nach Lage der Grenzen zwischen den Serien wird dabei unterschieden:

> Diagonalschichtung; die Grenzen zwischen den einzelnen Serien verlaufen ungefähr parallel. Die einzelnen Schichtblätter fallen nach einer Seite ein.
>
> Kreuzschichtung; die Grenzen zwischen den Serien fallen nach verschiedenen Seiten ein.

Im NVS überwiegt bei weitem die Diagonalschichtung. Kreuzschichtung ist im Schotterverband sehr selten zu beobachten; sie tritt nur vereinzelt im Feinkies und in Sandeinschaltungen auf. Die Schichtmächtigkeit schwankt durchschnittlich zwischen o,3 - 1,5 m. Schotterlagen mit einer Stärke von 3 m wurden gelegentlich gemessen.

In dem schlecht sortierten Vollschotter liegen die groben Gerölle verstreut verteilt im Verband. Dadurch erhalten die Aufschlußwände ein massiges Aussehen. Nicht selten beobachtet man Schichtpakete mit einer scheinbaren Mächtigkeit von 4 - 8 m, die sich jedoch bei genauer Untersuchung in Lagen bis zu o,3 m untergliedern lassen. Sandeinschaltungen sind in den oberen Teilen des NVS besonders häufig zu finden. Sie können über 2 m mächtig und etwa 2o m ausgedehnt im Aufschluß anstehen. Ihre Mehrzahl besitzt eine Mächtigkeit von o,1 - o,5 m und ist 4 - 8 m breit. Sie sind meist deutlich schräggeschichtet und im Vergleich zu den Schotterlagen kommt hier Kreuzschichtung häufiger vor.

b) Beschreibung der Diagramme

Die Darstellung der Meßwerte des Schichtgefüges erfolgt im Polnetz in der oberen Hälfte der Lagenkugel (s. Meth. S.13). Zur besseren Übersicht wurde für jeden bearbeiteten Aufschluß ein Sammeldiagramm aufgestellt. Den Ergebnissen liegen ca. 49oo Einzelmessungen zu Grunde.
Die Diagramme vom Schichtgefüge des Aufschlußbereiches und von Detailaufnahmen aus schräggeschichteten Einschaltungen werden im folgenden getrennt besprochen.

S C H I C H T D I A G R A M M E

Belegdichte

> 1 %

> 5 %

>10%

>15%

>30%

⊖ = obere Lagenkugel

a = Schüttungsrichtung

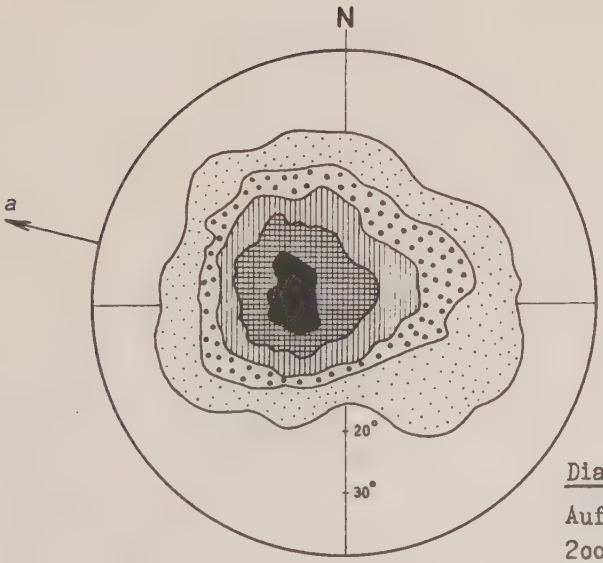


Diagramm Nr. 5:

Aufschluß Nr. 1

2oo Messungen ⊖

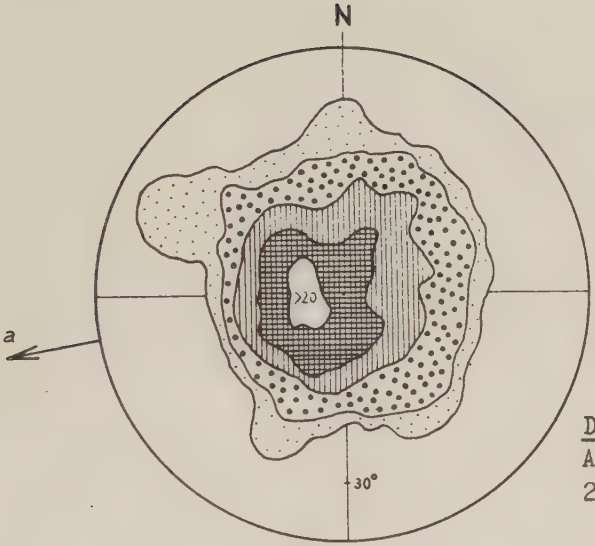


Diagramm Nr. 6:
Aufschluß Nr. 4
2oo Messungen ⊖

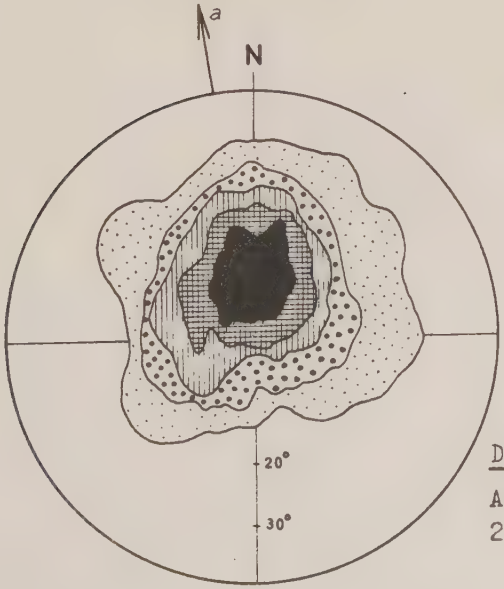


Diagramm Nr. 7:
Aufschluß Nr. 8
2oo Messungen ⊖

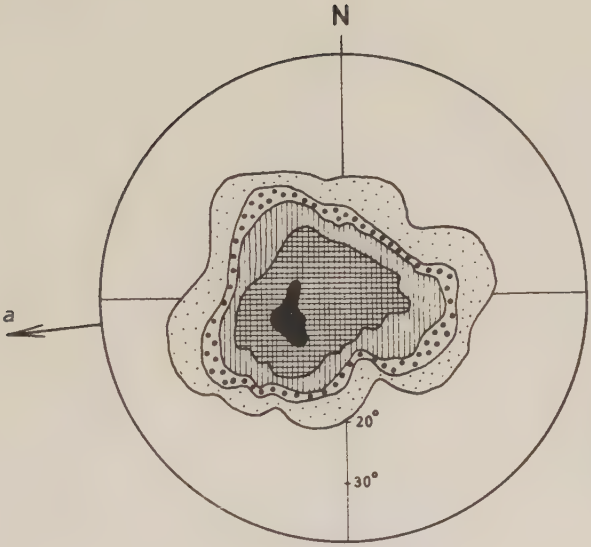


Diagramm Nr. 8:
Aufschluß Nr. 11
1oo Messungen ⊖

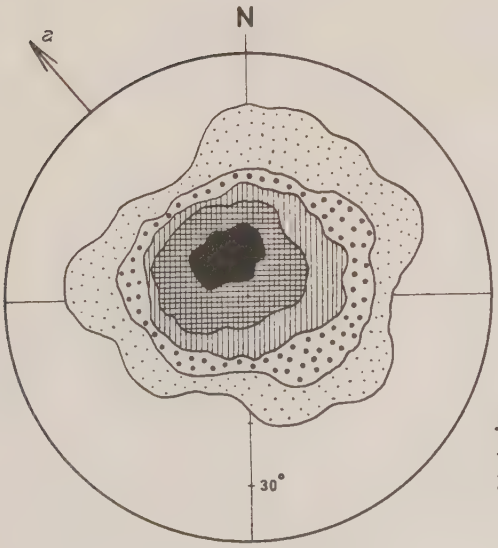


Diagramm Nr. 9:
Aufschluß Nr. 12
2oo Messungen ⊖

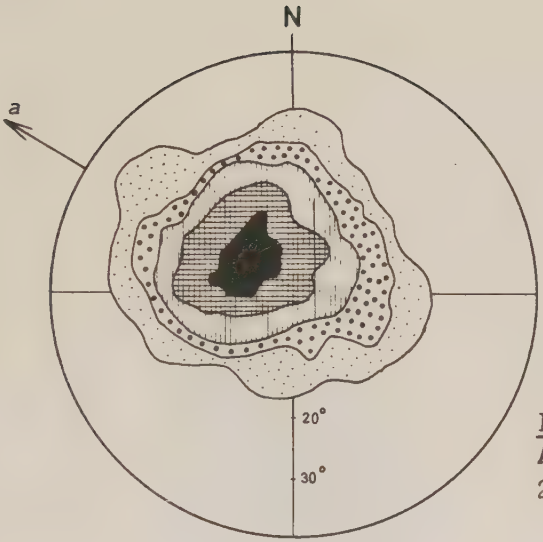


Diagramm Nr. 1o:
Aufschluß Nr. 15
2oo Messungen ⊖

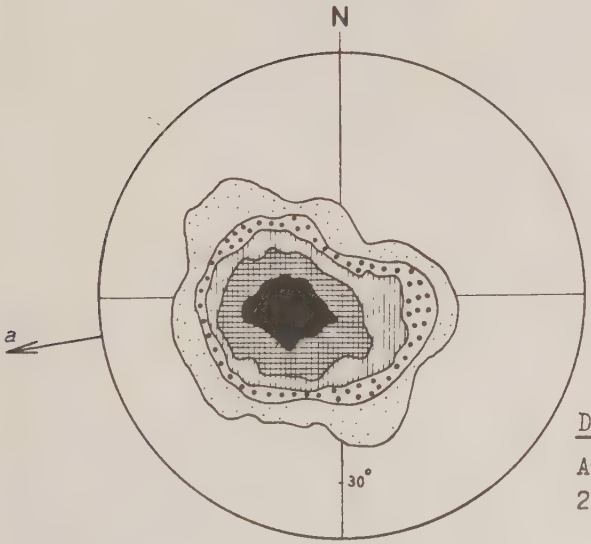


Diagramm Nr. 11:
Aufschluß Nr. 2o
2oo Messungen ⊖

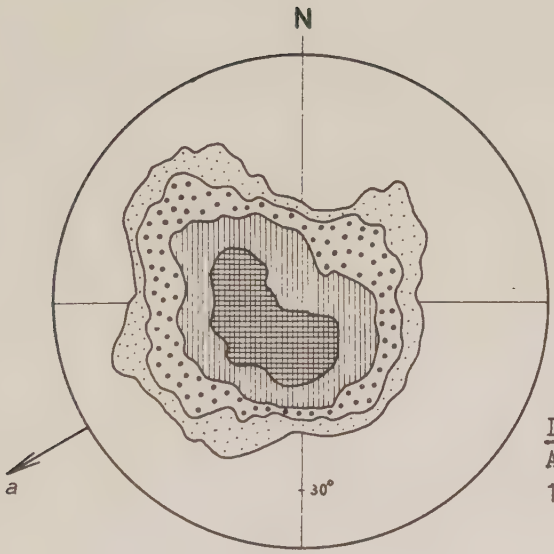


Diagramm Nr. 12:
Aufschluß Nr. 3
150 Messungen ⊖

b1) Schichtdiagramme des Aufschlußbereiches (s. Diagr. 5 - 12)

Belegdichte und Fallwinkel:

Die Diagramme besitzen durchweg eine konzentrisch geschlossene Anordnung der Belegdichtefelder; sie weisen immer nur e i n Maximum auf (s. Tab. 13). Daraus ist die einheitliche Tendenz des Schichteinfallens ersichtlich. -

Bei der Betrachtung der Diagramme ist vor allem die maximale Belegdichte von Interesse. Sie erreicht meist 3o %. Maxima von 2o % und 15 % kommen in den Sammeldiagrammen der Aufschlüsse seltener vor (s. Tab. 6).

Nr.	Maxima B	Maxima ε_m	ε_5	Nr.	Maxima B	Maxima ε_m	ε_5
1	3o	5° - 13°	25°	13	3o	7° - 14°	24°
2	2o	4° - 12°	2o°	14	3o	4° - 16°	23°
3	15	3° - 15°	28°	15	3o	4° - 14°	27°
4	2o	8° - 11°	25°	16	3o	4° - 16°	25°
5	3o	5° - 15°	33°	17	3o	3° - 14°	24°
6	2o	5° - 16°	26°	18	2o	3° - 11°	31°
7	3o	2° - 18°	28°	19	2o	12° - 16°	31°
8	3o	2° - 18°	27°	2o	3o	3° - 16°	23°
9	15	3° - 17°	25°	21	3o	4° - 17°	28°
1o	3o	3° - 16°	24°	22	15	3° - 21°	32°
11	3o	8° - 13°	25°	23	3o	3° - 14°	25°
12	3o	3° - 12°	22°				

Tab. 6: Einfallen der Schichten im Bereich der Maxima der Sammeldiagramme und deren Belegdichte.
Nr. = Aufschlußnummer
B = Belegdichte der Maxima (%)
ε_m = Einfallen der Schichten im Bereich der Maxima
ε_5 = größtes Einfallen der Schichtlagen bei einer Belegdichte von 5 %

Bei 23 aufgenommenen Aufschlüssen zeigen die Maxima folgende Belegdichten:

Belegdichte	3o %	2o %	15 %
Zahl der Diagramme	14	6	3

Die Felder der höchsten Belegdichte liegen zentral im Diagramm und erscheinen in geringem Abstand vom Mittelpunkt (0^{o}) des Polnetzes. Sie kennzeichnen dadurch das flache Schichteinfallen im NVS.

In den Diagrammen bewegt sich der Abstand der Maxima vom Netzmittelpunkt zwischen 2^{o} - 8^{o} (s. Tab. 6). Eine Ausnahme (Tab. 6, Aufschluß Nr. 19) zeigt eine Distanz von 12^{o}. Aus der Zusammenstellung der Daten folgt, daß der größte Teil der Schichten selten mehr als 20^{o} geneigt ist und im Durchschnitt zwischen 4^{o} - 15^{o} einfällt. Der geringe Betrag des Fallwinkels ist für Luvseiten von Sedimentlagen typisch (H. ILLIES, 1949, S. 97), d.h. beim Aufbau des NVS-Verbandes sind Luvablagerungen maßgebend.
Das größte Schichteinfallen wurde bei einer Belegdichte von 5 % festgestellt. Um eventuelle Fehlmessungen auszuschalten, wurden einzelne Meßwerte nicht berücksichtigt. Aus den Diagrammen ergibt sich danach ein Höchstbetrag der Schichtneigung von 33^{o}. Werte über 35^{o} sind selten vorhanden. Bei einer Mittelung aller Werte liegt der maximale Fallwinkel der Schichten bei 26^{o}.

Symmetrie der Diagramme:
Um den Aufbau der Schichtdiagramme eingehend zu beschreiben, wurde ein Profil in Schüttungsrichtung durch die Belegdichtefelder gezogen (s. Abb. 11).
Auf der Abszisse (ε) erscheinen vom Zentrum des Polnetzes aus ($M = 0^{o}$) nach beiden Seiten die Beträge der Fallwinkel. Die Ordinate gibt die Höhe der Belegdichte (B) an.
Die Profilkurven zeigen deutlich, daß sich die Maxima vom Mittelpunkt (M) des Polnetzes weg, in der Schüttungsrichtung a verlagern. Diese asymmetrische Verteilung ist für die Schichtdiagramme kennzeichnend. Ab einer Belegdichte von 15 % kommt die exzentrische Lage der Felder im Diagramm klar zum Ausdruck. Erst zwischen 1 % - 1o % ist der Abstand der Profillinien vom Mittelpunkt des Polnetzes annähernd gleich.
Die dargestellten Profillinien der Diagramme (Abb. 11) demonstrieren, daß der Fallwinkel im allgemeinen von 0^{o} - 20^{o} variiert und

die Schichten vorherrschend in der resultierenden Schüttungsrichtung einfallen.

b2) Schichtdiagramme von Detailaufnahmen (s. Diagr. 13)

Im NVS kommen neben feingeschichteten Sandeinschaltungen auch solche ohne jede Schichtung vor; sie wurden, wie der Schotter, rasch abgelagert und stellen ein Schichtblatt dar. Die feingeschichteten Sandlagen und -linsen entstanden in den Zeiträumen, in denen kein Schottertransport stattfand. Die Siebanalyse von Proben des Sandzwischenmittels des Kiesanteils und von reinen Sandeinschaltungen ergab eine gleiche Kornverteilung. Dieses Ergebnis erlaubt den Schluß, daß die schräggeschichteten Sandlagen ihr Material aus dem Sandzwischenmittel des NVS beziehen: in den Intervallen, wo kein Schotter transportiert wurde, fand eine Auswaschung der oberflächennahen Partien der Kieslagen statt; der Sand wurde weiter verfrachtet und im Stromschatten bei geringer Turbulenz sedimentiert. Dabei bilden sich die schräggeschichteten Sandbänke. Beobachtungen an rezenten Flußläufen bestätigen diese Auslegung (s.S.17,19).

Schräggeschichtete Feinkieslagen und Sandeinschaltungen wurden in Detailaufnahmen festgehalten. Schon im Aufschluß kann man erkennen, daß es sich meist um Leeschichten handelt. Luvschichtblätter sind in diesem Falle selten erhalten, da sie nachträglich erodiert werden (WURSTER, 1958, S. 322; Mc KEE, 1939).

Nr.	Sediment	ε_m	ε_x
5	Kies	20°	23°
8	Sand	19°	27°
15	Sand	16°	2o°
16	Kies	2o°	25°
19	Sand	2o°	27°
21	Sand	21°	26°

Tab. 7: Fallwinkel schräggeschichteter Sand- und Feinkieslagen.
Nr. = Aufschlußnummer
ε_m = Mittelwert der gemessenen Fallwinkel
ε_x = maximaler Fallwinkel

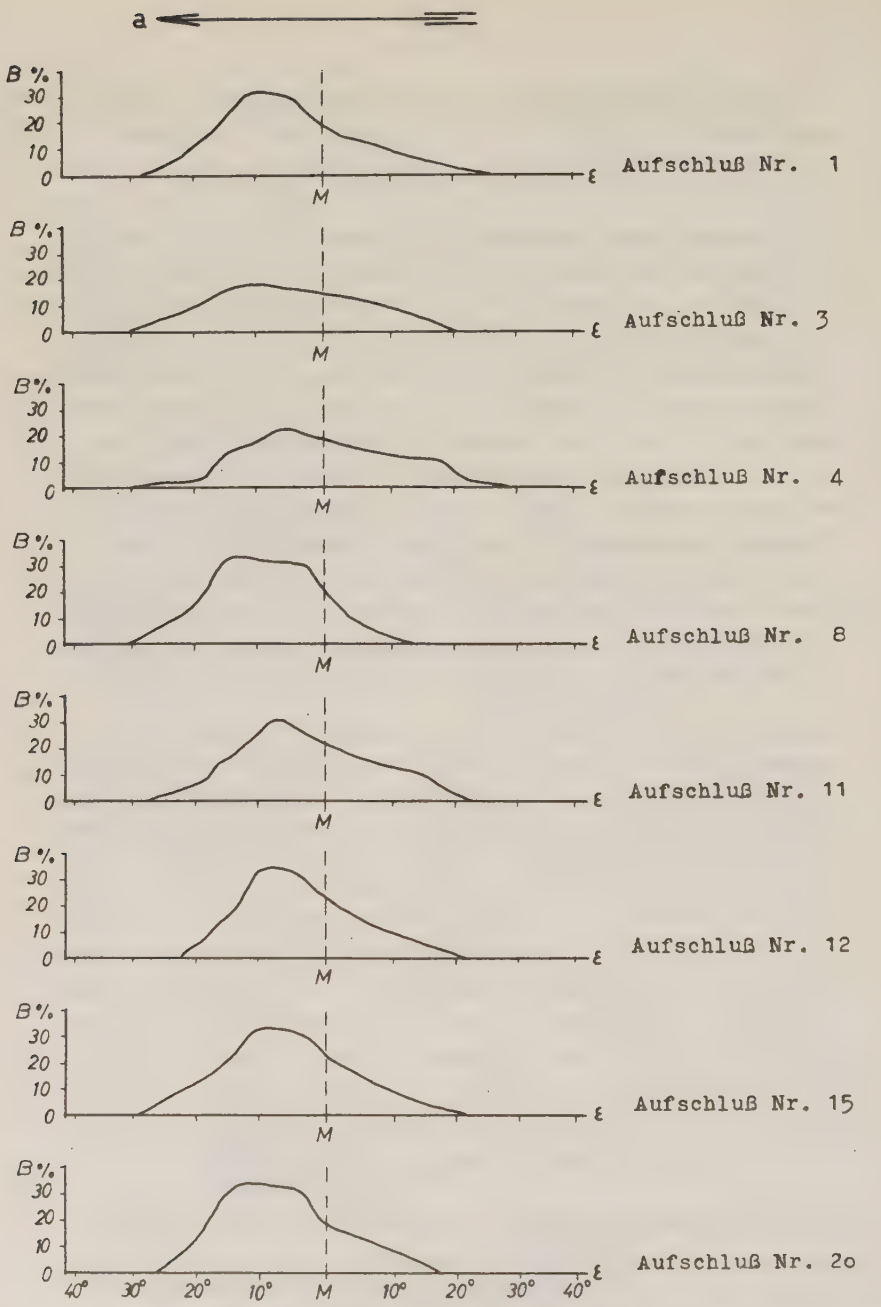


Abb. 11: Symmetrie der Schichtdiagramme (Abszisse liegt in der Schüttungsrichtung)
a = Schüttungsrichtung, B = Belegdichte %, ε = Einfallwinkel,
M = Mittelpunkt des Polnetzes

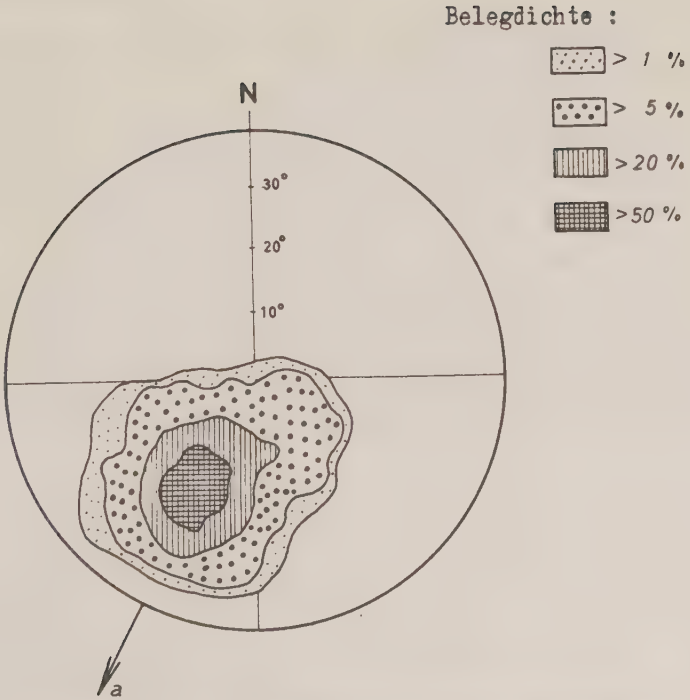


Diagramm Nr. 13: Schichtdiagramm einer Sandlinse, 1oo Messungen ⊖ .

Die Messungen in den Sandeinschaltungen ergaben bedeutend größere Fallwinkel der Schichten als in den Schotterlagen (s. Tab. 7). Im Mittel liegt hier die Schichtneigung mit 18° weit über dem durchschnittlichen Einfallen von 10° der Schotterschichten. Die höchsten Einzelwerte erreichen 37°. Der größere Fallwinkel der Schichtblätter der Feinsedimente ist für Leelagen charakteristisch (H. ILLIES, 1949, S. 97).
Die Schichtdiagramme der in Detailaufnahmen festgehaltenen Feinsedimenteinschaltungen unterscheiden sich deutlich von denen des Schottergefüges der Aufschlüsse. Die Felder der Belegdichte sind weniger breit verteilt und ihre Belegdichte höher. Auf Grund der großen Fallwinkel rückt das Maximum deutlich aus dem Zentrum des Polnetzes heraus. Form und Lage der Diagramme betonen merkbar die Schüttungsrichtung.

c) Ermittlung der Schüttungsrichtung aus den Schichtdiagrammen

BRINKMANN (1933) und WURSTER (1958) erkennen in der Schrägschichtung der Sedimente eine statistische Ordnung; mit einer ausreichenden Zahl von Messungen kann die ehemalige Schüttungsrichtung bestimmt werden. Dieser Schluß findet vor allem in der Arbeit von NIEHOFF (1958) seine Bestätigung.

Den Poldiagrammen der Schichtung kann man die Schüttungsrichtungen nicht direkt entnehmen. Zu ihrer Bestimmung wurden die Streichwerte der Schichtlagen in Tabellen von 0° - 180° eingeordnet und summiert. Daraus kann man auf Grund der Verteilung der Werte und der Fallrichtung die Schüttungsrichtung ermitteln (W.C. KRUMBEIN, 1939, S. 686). Ob die Schichten in oder gegen die Schüttungsrichtung einfallen, kann im Zweifelsfalle durch den Vergleich mit den entsprechenden Diagrammen der Geröllorientierung entschieden werden.

Den im Einzeldiagramm gewonnenen Richtungswerten ist in der zusammenfassenden Darstellung für den Gesamtaufschluß eine mehr oder weniger große Streuung eigen (s. Tab. 8). Der Winkel zwischen den Extremwerten der Schüttungsrichtungen übersteigt selten 90° und liegt im Mittel bei 50°. Die Erfassung aller Richtungswerte der Diagramme weist nur zwei größere Abweichungen auf (Nr. 4 - 100°, Nr. 13 - 130°).

Der Streuungswinkel der Transportrichtung des NVS ist für fluviatile Sedimente relativ klein (Mittelwert = 50°). Die Konstanz der Schüttungsrichtung kommt durch das e i n e Maximum der Belegdichte in den Schichtdiagrammen zum Ausdruck.

Die aus den Schichtdiagrammen des Aufschlußbereiches resultierenden Schüttungsrichtungen weichen gelegentlich stark von den aus Detailaufnahmen erhaltenen Werten ab.

Nr.	Einzeldiagramme der Aufschlüsse Richtungswerte				größte Differenz
1	250°			310°	60°
2	220°			290°	70°
3	230°			300°	70°
4	210°			310°	100°
5	310°			40°	90°
6	210°			300°	90°
7	30°				0°
8	340°			10°	30°
9	290°				0°
10	230°			290°	60°
11	290°				0°
12	290°			340°	50°
13	220°	290°		350°	130°
14	280°			290°	10°
15	290°			310°	20°
16	250°	280°		330°	80°
17	340°			10°	30°
18	240°			280°	40°
19	250°			310°	60°
20	260°			300°	40°
21	210°	240°	260°	300°	90°
22	260°			290°	30°
23	230°			250°	20°

Tab. 8: Streuung der Schüttungsrichtung, ermittelt aus den Schichtdiagrammen, für die Aufschlüsse des NVS
Nr. = Aufschlußnummer

Eine Erklärung für diese Erscheinung können uns die an rezenten Flußläufen gewonnenen Erkenntnisse liefern: An der Isar und an der Vils war festzustellen, daß das feine klastische Material bei ruhiger Wasserführung der Flüsse transportiert wurde. Bei niederem Wasserstand kann sich wiederum der Stromstrich innerhalb des Flußbettes in kurzer Zeit verlagern und von der Gesamtrichtung des Flußlaufes stark abweichen; bei mäandrierenden Flüssen erhöht sich die Streuung.

d) Auswertung der Diagramme

Der Fallwinkel der Schichten fluviatiler Sedimente ist von der Flußgeschwindigkeit abhängig (PICARD, 1953). Die geringen Fallwinkel der Schotterlagen (4^{o} - 15^{o}) stehen den bedeutend höheren Neigungsbeträgen der feingeschichteten Sandeinschaltungen (20^{o}) gegenüber. ILLIES (1949, S. 1oo) stellt fest, daß der Fallwinkel bei steigender Turbulenz abnimmt. Aus diesen Befunden folgt, daß die geschichteten Sandeinschaltungen und die Schotter nicht gleichzeitig geschüttet wurden (s.S. 39). Bei einer hohen Stromgeschwindigkeit bzw. bei großer Turbulenz wurden die flach einfallenden Schotterlagen sedimentiert. Die steiler geneigten Schichtblätter der Sandeinschaltungen bildeten sich später bei ruhiger Wasserführung.
Das flache Schichteinfallen der Schotter äußert sich in der Konzentration der Flächenpole im Zentrum der Diagramme. Die hohe Belegdichte der Felder wird gleichfalls dadurch bedingt.

77,3 % der Belegdichtemaxima aller Diagramme fallen in Schüttungsrichtung ein (s. Tab. 13). Der flache Fallwinkel beweist, daß es sich um Luvseiten von Schüttungskörpern handelt, die in Transportrichtung geneigt sind.

Die beim Schottertransport gebildeten Schüttungskörper beschreibt RUCHIN (1958, S. 195) als Schotterrücken, die sich in Flußrichtung erstrecken (s.S. 3). Im Vergleich zu den untersuchten rezenten Kiesablagerungen der Isar (ca. o,3 m mächtig) sind die Mächtigkeiten der Schichtlagen des NVS (o,5 - 1,5 m) meistens doppelt so groß. Die Mächtigkeit der Schotterrücken, d.h. die Schichtmächtig-

keit ist der Wassergeschwindigkeit direkt proportional (RUCHIN, 1958, S. 195). Während der Vollschotterschüttung bildeten sich also bedeutend größere Schüttungskörper als im heutigen Flußbett der Isar im Süden von München. Die Transportkraft der Flüsse überstieg demzufolge zur Zeit der NVS-Schüttung weit die der Isar bei Hochwasserführung.

e) Schlußfolgerungen

Nach den bisherigen Ergebnissen dürfen wir folgende Umstände bei der Sedimentation des NVS annehmen:

1. Der NVS wurde durch schichtflutenartige Wassermassen verfrachtet. Wie die Ausmaße der Schüttungskörper anzeigen, wurde der Schotter flächenhaft sedimentiert. Auch das flache Einfallen der Schichten, die mächtigen Luvlagen im Schotter und die geringe Streuung der Schüttungsrichtungen verweisen auf diese Sedimentationsverhältnisse. Die Diagramme lassen eine W - NW Tendenz der Schüttung erkennen.

2. Die schlechte Sortierung des NVS läßt eine rasche Sedimentation nach periodischer Hochwasserführung vermuten. Um jedoch präzisere Aussagen über die Sedimentationsbedingungen und das Gefüge des NVS zu ermöglichen, ist noch die Untersuchung der Geröllorientierung notwendig.

2. Korngefüge

a) Allgemeine Beschreibung der Gerölle im Schotterverband

Der NVS ist vorwiegend als Grobschotter ausgebildet; bei einer mittleren Korngröße von 2,9 cm ist er als Grobkies anzusprechen (s.S.26 , Tab. 2). Nach den Untersuchungen der Kornverteilung von STIEFEL (1956, S. 237 ff.) liegt der errechnete Sortierungskoeffizient (n. TRASK, 1932) des NVS bei 4,5 und kennzeichnet eine schlechte Sortierung (s. BLISSENBACH, 1956, S. 30). Geröllmaxima treten in Feinkies- und Grobkieslagen auf. Diese schlechte Sortierung bedingt auch die dichte Packung des Schotters. Gelegentlich sind Sackungen im Schotterverband zu erkennen. Nur selten stehen lockergepackte

Feinkieslagen an, die auffallend wenig Sandzwischenmittel enthalten. Die in rezenten Flußläufen häufig zu beobachtende Dachziegellagerung der Gerölle ist im NVS wenig zu finden. Nur vereinzelt war sie in Grobkieslagen mit einer verhältnismäßig guten Sortierung und einem geringen Anteil des Sandzwischenmittels vorhanden.

b) Beschreibung der Diagramme

Die Orientierung eines Gerölls ist durch die räumliche Lage seiner längsten, morphologischen Achse (A-Achse) und seines größten Querschnitts (AB-Ebene) vollständig gegeben. Die Lage der AB-Geröllquerschnitte läßt sich durch das Einmessen der C-Achse feststellen (s. Meth. S. 8).
Den Ergebnissen der Geröllorientierung liegen 11ooo Einzelmessungen von A- und C-Achsen zu Grunde. Die im folgenden beschriebenen Sammeldiagramme enthalten jeweils 2oo Meßpunkte und repräsentieren einen Aufschluß.

b1) Sammeldiagramme der A-Achsen der Gerölle (s. Diagr. 14 - 19)

Die A-Achsendurchstichpunkte werden in der unteren Hälfte der Lagenkugel dargestellt.

In den Diagrammen wird eine Belegdichte von 8 % nur selten überschritten. Überwiegend enthalten sie Maxima mit 6 %. Diese stellen 87 % der Gesamtzahl der in den Diagrammen auftretenden Belegdichtezentren (s. Tab. 9).

Beim Vergleich und bei der Auswertung der Diagramme waren die Ausmaße der maximalen Belegfelder zu beachten. Als Beziehungsgröße wurde dazu die 1-%-Kreisfläche des Polnetzes gewählt. Maxima, die mehr als 1/5 des 1-%-Kreises einnehmen, werden als g r o ß, solche mit einem geringeren Flächeninhalt als k l e i n bezeichnet. Die solchermaßen nach ihrer Größe unterschiedenen maximalen Belegdichtefelder treten in den Diagrammen wie folgt auf:

Anzahl der Maxima	Belegdichte	Flächeninhalt der Maxima groß	klein
11	8 %	-	11
77	6 %	12	65

Die einzelnen Sammeldiagramme enthalten mindestens 2 Felder maximaler Belegdichte. Im Höchstfalle wurden 6 Dichtezentren ausgezählt (s. Tab. 9, 13).

In allen Poldiagrammen nehmen die Belegdichtefelder eine deutliche Randlage ein und kennzeichnen schon im Gesamtbild das flache Einfallen der A-Achsen der Gerölle. Im Bereich der Belegdichtemaxima erreicht der Fallwinkel bis zu 2o°, während sein Mittelwert sich zwischen 4° - 16° bewegt (s. Tab. 9).

Nr.	B	Z		ε_x	ε_2
	%	g	k		
1	8		2	8° - 15°	4o°
2	6	2	4	2° - 21°	38°
3	6	1	2	4° - 15°	29°
4	6		3	3° - 21°	33°
5	8		1	1o° - 14°	34°
	6	1	2	6° - 2o°	35°
6	6	1	2	6° - 2o°	37°
7	6	1	2	7° - 18°	26°
8	6		2	2° - 12°	34°
9	6	1	4	2° - 22°	32°
1o	6	1	3	3° - 15°	4o°
11	8		3	5° - 12°	4o°
12	6		2	8° - 18°	43°
13	8		1	4° - 11°	33°
	6	2	4	0° - 17°	35°
14	8		3	6° - 17°	42°
15	6	1	2	5° - 15°	34°
16	6		3	4° - 18°	44°
17	6		2	4° - 14°	32°
18	6		2	7° - 17°	28°
19	6		2	5° - 11°	37°
2o	8		1	6° - 8°	35°
	6		3	4° - 16°	29°
21	6		4	4° - 13°	3o°
22	6	1	4	4° - 17°	43°
23	6		2	3° - 14°	36°

Tab. 9: A-Achsen der Gerölle. Auswertung der Sammeldiagramme.
Nr. = Aufschlußnummer
B = maximale Belegdichte, Z = Zahl der Maxima pro Diagr.
g = Flächeninhalt der Maxima g r o ß,
k = Flächeninhalt der Maxima k l e i n,
ε_x = Neigung der Geröllachsen im Bereich der Maxima,
ε_2 = größte Neigung der Geröllachsen bei 2 % Belegdichte

D I A G R A M M E D E R G E R Ö L L O R I E N T I E R U N G

Belegdichte a = Schüttungsrichtung ⊖ = untere Lagenkugel

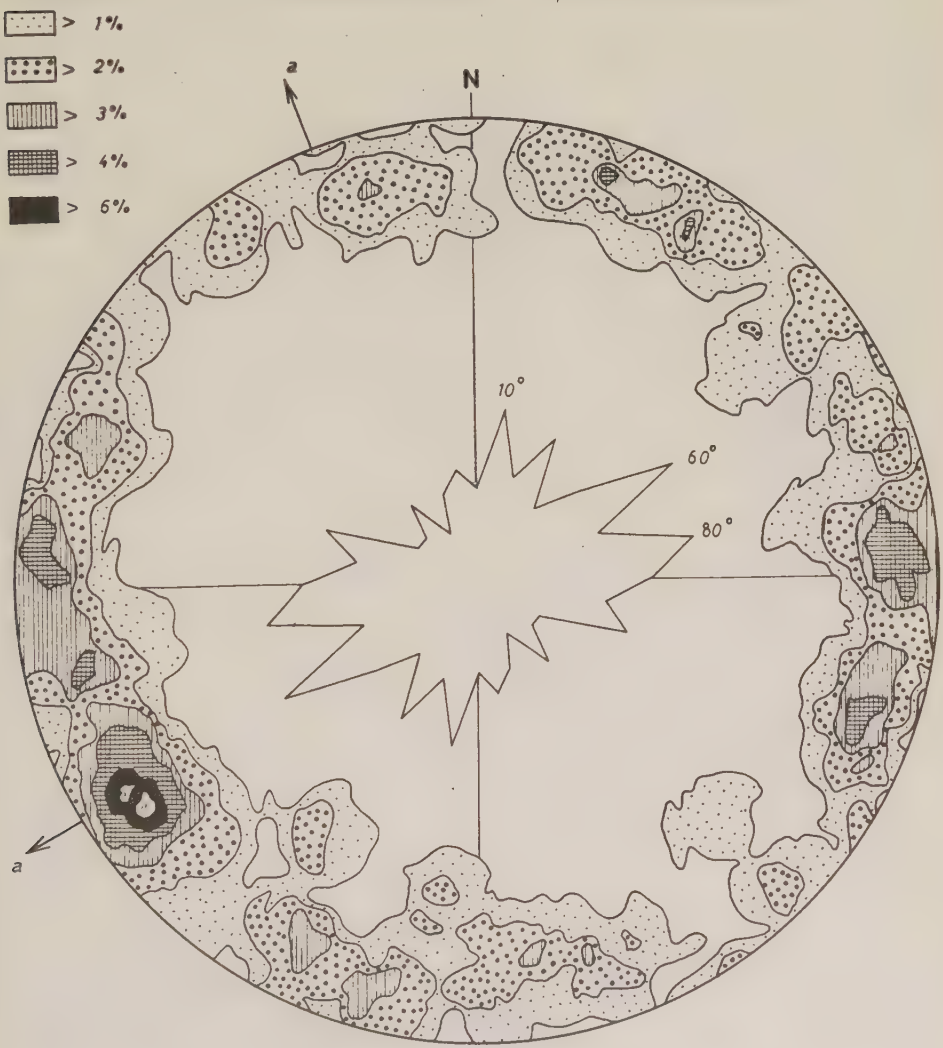


Diagramm Nr. 14: Aufschluß Nr. 1, A - Achsen der Gerölle, 2oo Messungen ⊖ .

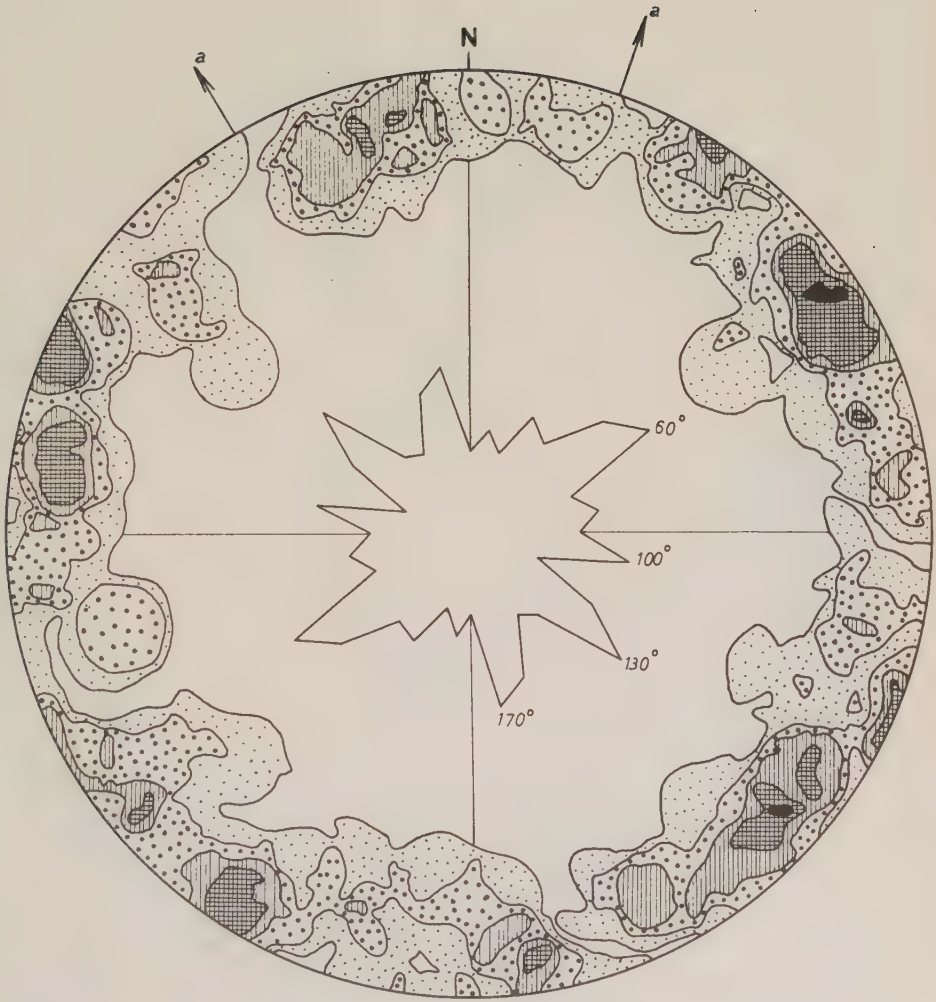


Diagramm Nr. 16: Aufschluß Nr. 8, A - Achsen der Gerölle, 2oo Messungen ⊖

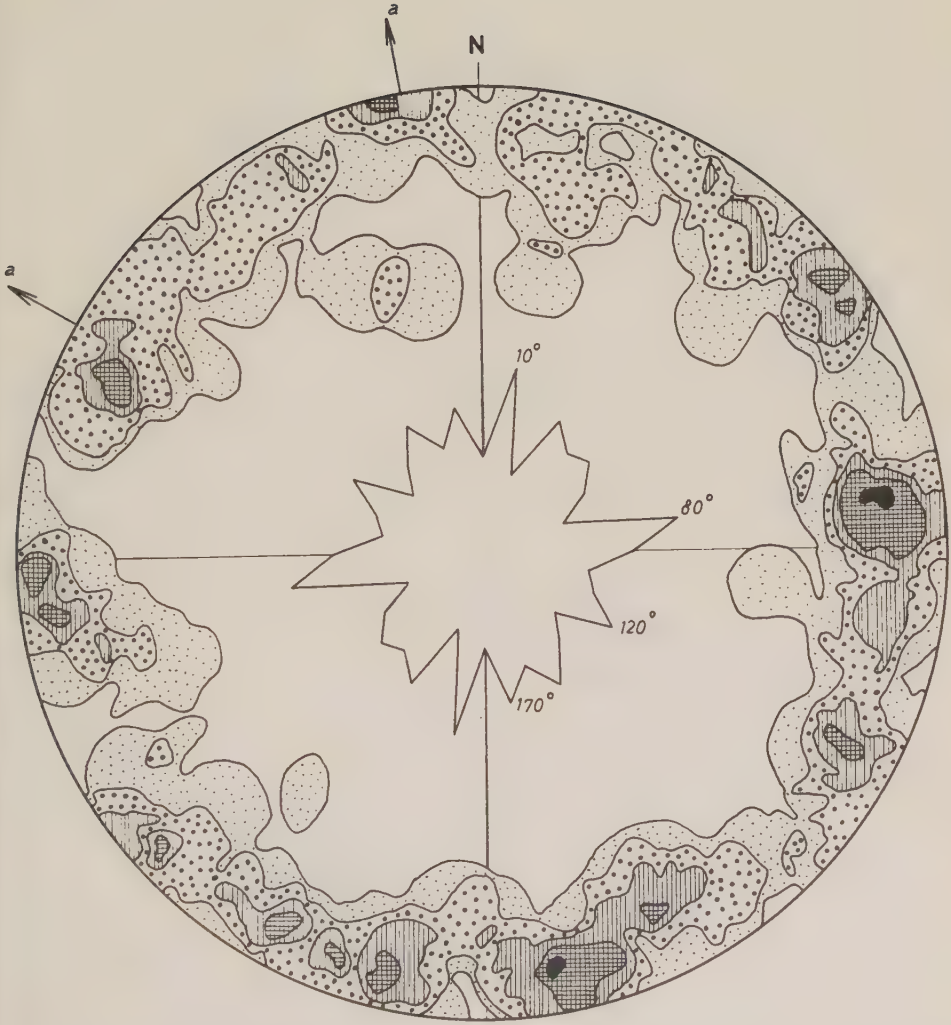


Diagramm Nr. 17: Aufschluß Nr. 12, A - Achsen der Gerölle, 2oo Messungen ⊖ .

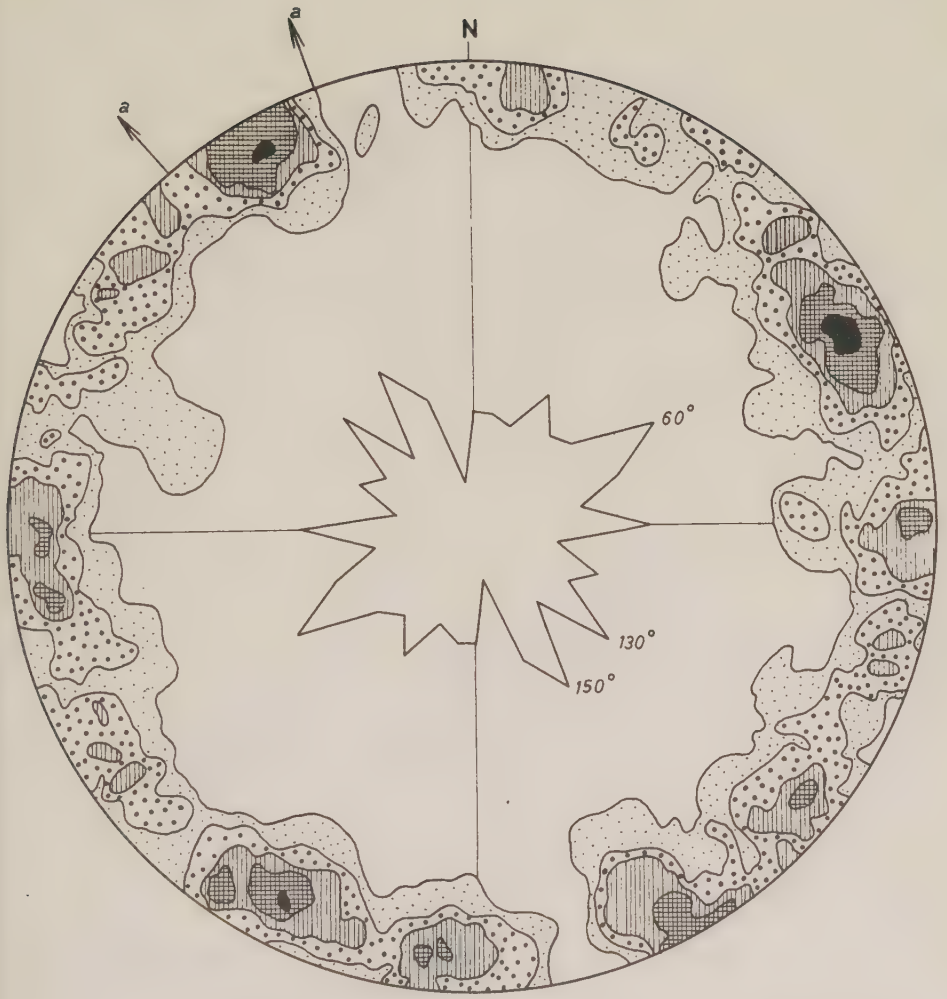


Diagramm Nr. 18: Aufschluß Nr. 15, A - Achsen der Gerölle, 2oo Messungen ⊖ .

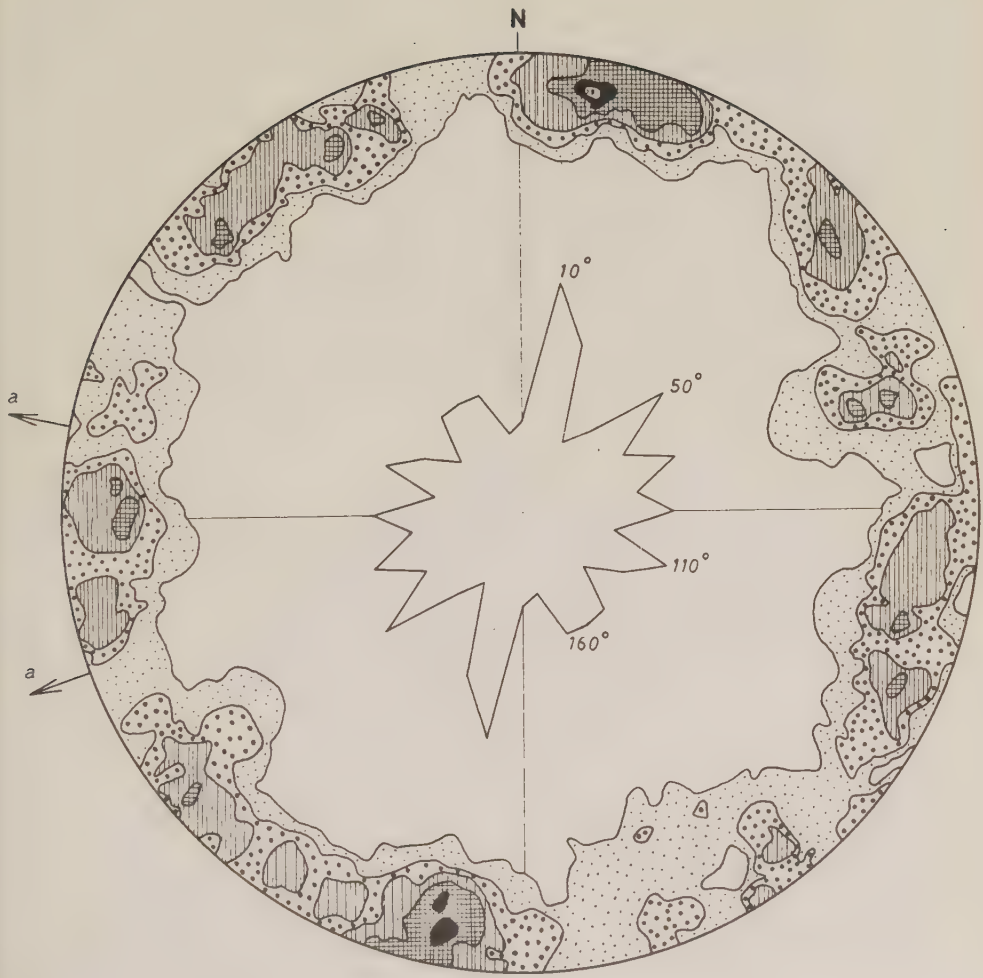


Diagramm Nr. 19: Aufschluß Nr. 2o, A - Achsen der Gerölle, 2oo Messungen ⊖ .

Die größten Neigungswinkel der A-Achsen wurden bei einer Belegdichte von 2 % entnommen. Um Fehlauswertungen auszuschalten, bleiben extreme Einzelwerte unberücksichtigt. Die größten Neigungswinkel der langen Geröllachsen betragen 44°. Ihr Mittelwert aus allen Sammeldiagrammen liegt bei 35°, die in den Belegdichtefeldern meist nicht überschritten werden (s. Tab. 9).
Im Gesamtbild erscheint in den Sammeldiagrammen eine breite Streuung der Belegdichtefelder. Aus diesem Grunde sind die weniger ausgedehnten Felder höherer Belegdichte bei der Auswertung von großer Bedeutung. Ihre Verteilung wird durch eine Richtungsrose der A-Achsen, im Zentrum des Polnetzes, hervorgehoben.
Es zeigt sich, daß die Gerölle mit ihren langen Achsen häufig in zwei nahezu aufeinander senkrecht stehenden Richtungen eingeregelt sind (s. Tab. 13). Diese Ausrichtung der Geröllachsen ist für die Mehrzahl der Maxima des Sammeldiagramms eines Aufschlusses typisch (s. Diagr. 14 - 19).

b2) Sammeldiagramme der AB-Geröllquerschnitte (s.Diagr. 2o - 25)

Die Flächenpole der Geröllquerschnitte werden in der oberen Hälfte der Lagenkugel dargestellt.

In den Sammeldiagrammen der größten Geröllquerschnitte können maximale Belegdichten bis zu 2o % auftreten. In der Mehrzahl erreichen sie jedoch nur eine Konzentration von 1o % und 15 % (s. Tab. 1o). Die einzelnen Sammeldiagramme enthalten höchstens 4 Maxima. Meist beschränkt sich die Anzahl der Zentren auf 2.
Bei der Auswertung der Diagramme wurden die Zentren höchster Belegdichte nach ihrem Flächeninhalt unterschieden. Als Vergleichsgröße dient auch hier, wie bei der Beschreibung der Maxima der A-Achsen (S. 45), die 1-%-Kreisfläche des Polnetzes. Dichtezentren, die mehr als 1/3 der 1-%-Kreisfläche betragen, werden als g r o ß beschrieben; solche, die weniger als 1/3 der Vergleichsfläche einnehmen, sind in der Tabelle 1o als k l e i n angeführt. Nach dieser Unterscheidungsmethode verteilen sich die maximalen Belegdichtefelder aller Sammeldiagramme folgendermaßen:

Anzahl der Maxima	Belegdichte	Flächeninhalt der Maxima groß	klein
3	2o %	1	2
19	15 %	6	13
31	1o %	9	22

In den Diagrammen der AB-Geröllquerschnitte erreicht also die Belegdichte bedeutend höhere Werte als in denen der A-Achsen, wo sie 8 % nicht übersteigt. Da die Zahl der Polpunkte für beide Diagrammarten gleich ist, enthalten die Diagramme der AB-Ebenen der Gerölle dementsprechend eine geringere Anzahl von Maxima. Der Flächeninhalt dieser Maxima übertrifft durchwegs den der Maxima der Diagramme der A-Achsen.

Die Lage der Diagramme im Polnetz zeigt die vorherrschend flache Neigung der AB-Geröllquerschnitte im Schotterverband. Bei einer maximalen Belegdichte von 1o % beträgt der größte Fallwinkel der Geröllquerschnitte 44°. In den Dichtezentren ergab sich für die Neigung der AB-Ebenen ein Durchschnittswert von 11° - 24° (s.Tab. 1o). Im Vergleich zu den Schichtdiagrammen (S. 37 ff.) rücken hier die Maxima weiter vom Mittelpunkt des Polnetzes ab, d.h. die größten Geröllquerschnitte fallen etwas steiler als die Schichtung der Schotter ein.

Bei einer Belegdichte der Diagramme von 5 % wurden die höchsten Neigungsbeträge der AB-Geröllquerschnitte entnommen. Einzelne Extremwerte blieben auch dabei unberücksichtigt (s.S.47). Aus allen Sammeldiagrammen ergibt sich ein Mittelwert der größten Neigungswinkel der AB-Ebenen der Gerölle von 39° (s. Tab. 1o).

Der überwiegende Teil der Gerölle lagert mit der größten Querschnittsfläche nur flach geneigt im Schotterverband. Die Polpunkte häufen sich daher im Zentrum des Diagramms. Im Gesamtbild haben jedoch die Belegdichtefelder nicht jene einheitlich geschlossene Form, wie dies bei den Schichtdiagrammen der Fall ist. Sie gliedern sich vielmehr in mehrere Dichtezentren.

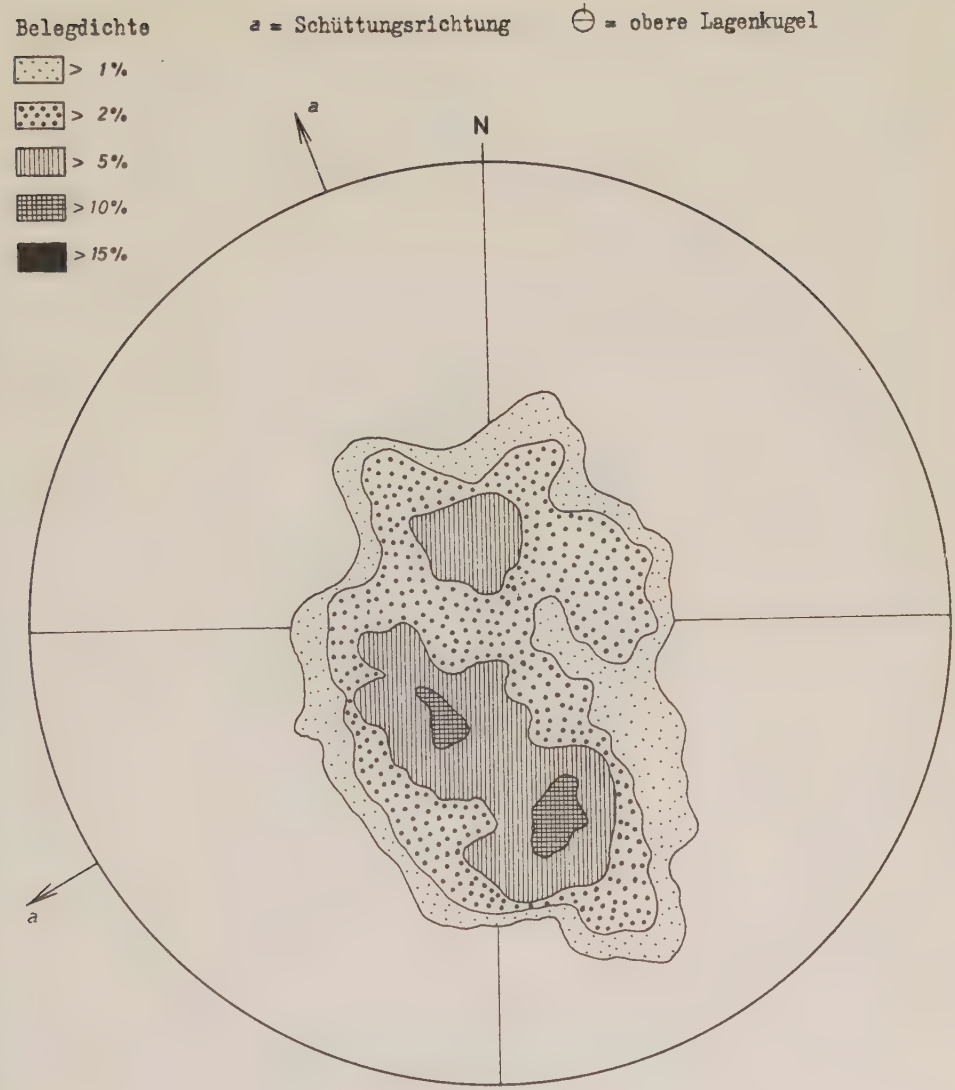


Diagramm Nr. 2o: Aufschluß Nr.1 , AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen ⊖ .

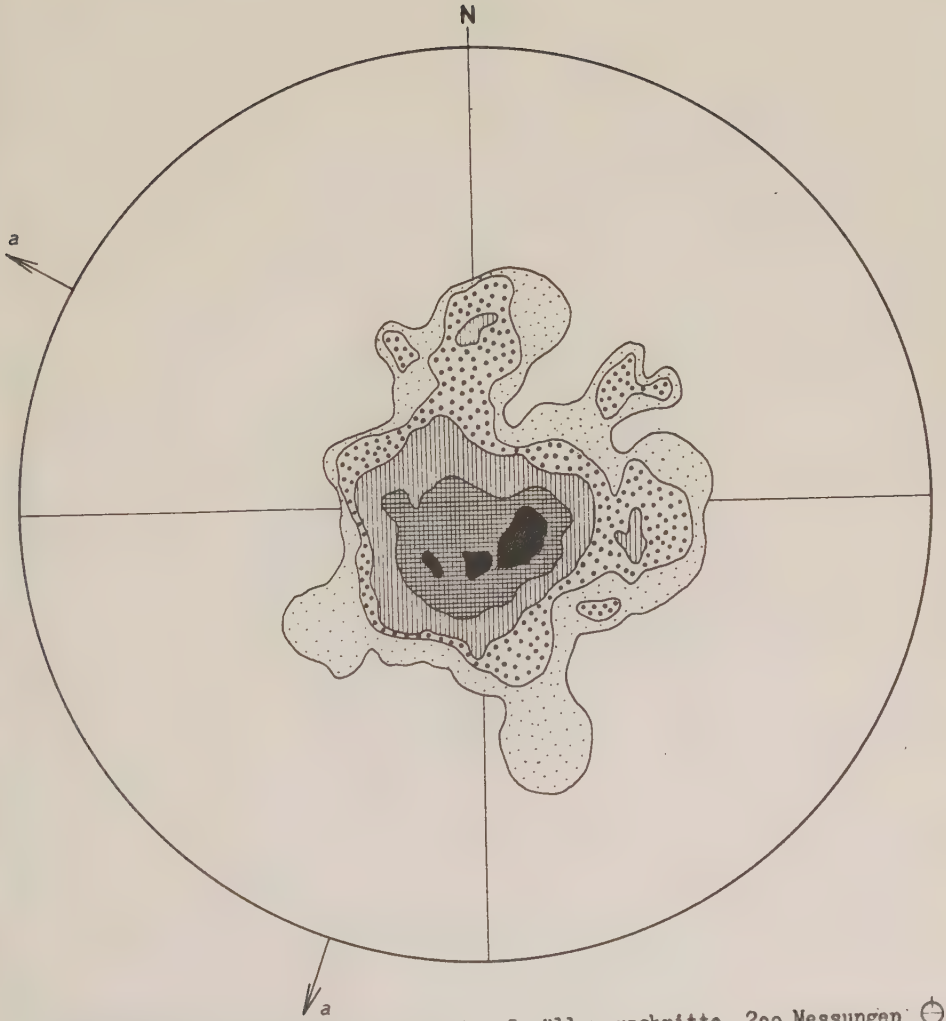


Diagramm Nr. 21: Aufschluß Nr. 4, AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen ⊖ .

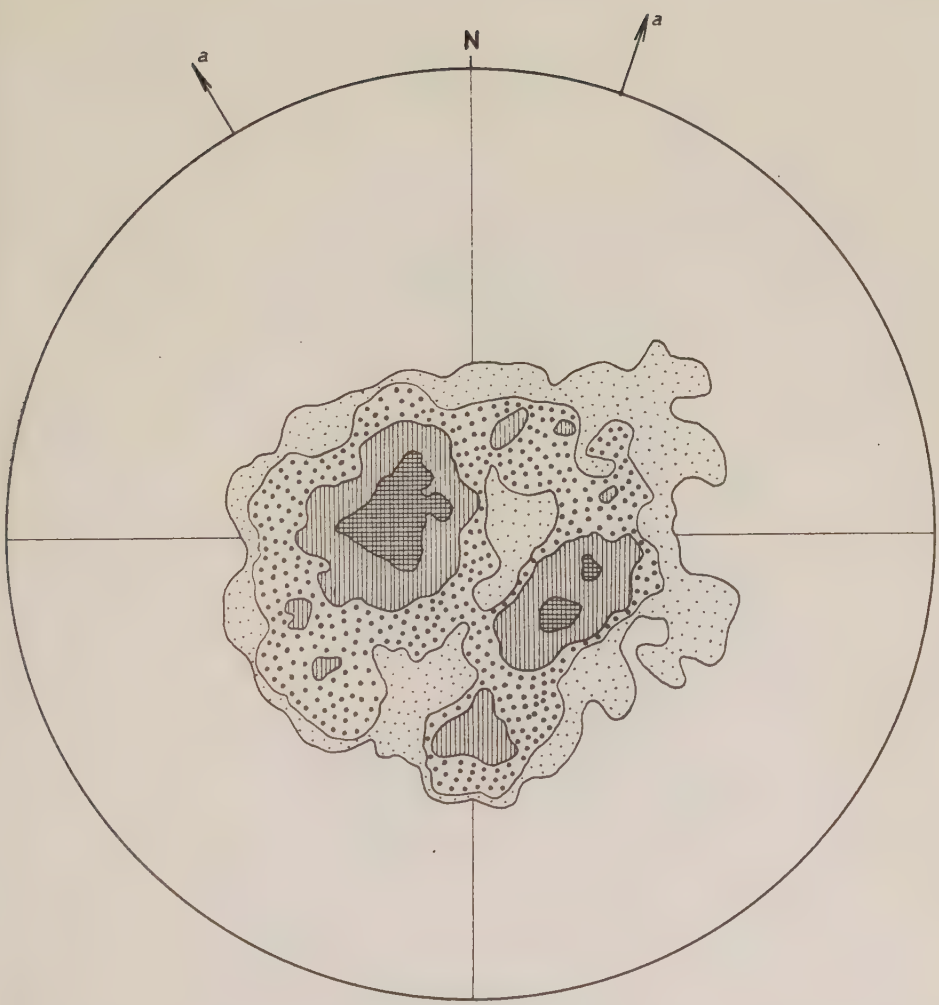


Diagramm Nr. 22: Aufschluß Nr. 8, AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen ⊖ .

Diagramm Nr. 23: Aufschluß Nr. 12, AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen

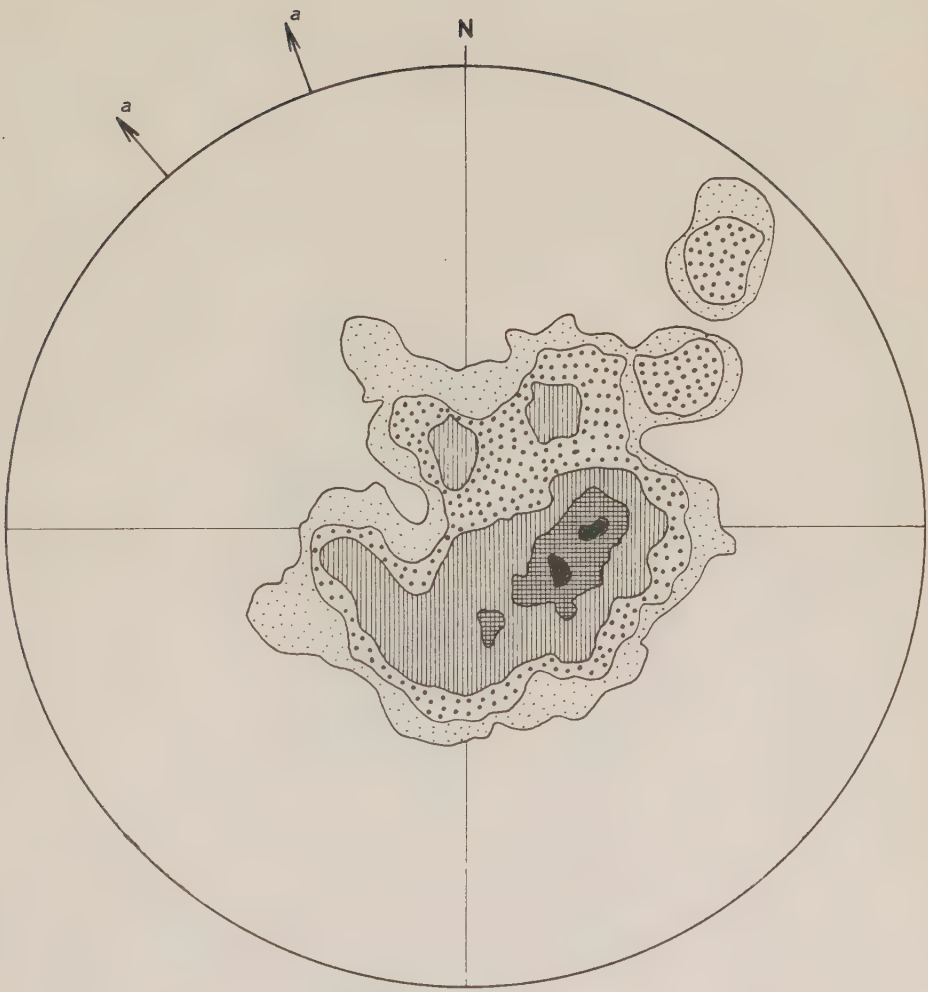


Diagramm Nr. 24: Aufschluß Nr. 15, AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen ⊖ .

Diagramm Nr. 25: Aufschluß Nr. 2o, AB - Geröllquerschnitte, 2oo Messungen $\ominus$.

Nr.	B	Z		ε_x	ε_5
	%	g	k		
1	1o	1	1	16° - 44°	52°
2	15	1		0° - 14°	39°
3	2o		2	8° - 18°	42°
	15	2		3° - 2o°	42°
4	15	1	2	6° - 15°	34°
5	15		1	5° - 16°	38°
6	2o	1		5° - 16°	37°
	15	1		4° - 18°	39°
7	1o	2	1	0° - 26°	32°
8	1o	1	2	5° - 24°	41°
9	15		2	12° - 18°	48°
1o	1o	2	2	7° - 28°	39°
11	15		1	15° - 19°	35°
12	1o		2	16° - 19°	44°
13	15		1	11° - 15°	38°
14	15		1	21° - 27°	38°
15	15		2	17° - 25°	35°
16	15	1		1o° - 26°	39°
17	1o	1	4	14° - 26°	32°
18	1o	1	2	16° - 27°	43°
19	1o		4	17° - 26°	62°
2o	15		1	17° - 2o°	34°
21	15		1	18° - 21°	34°
22	15		1	13° - 19°	35°
23	1o	1	2	14° - 31°	42°

Tabelle 1o: AB-Geröllquerschnitte. Auswertung der Sammeldiagramme.
Nr. = Aufschlußnummer
B = Maximale Belegdichte, Z = Zahl der Maxima pro Diagr.
g = Flächeninhalt der Maxima g r o ß,
k = Flächeninhalt der Maxima k l e i n,
ε_x = Neigung der Geröllquerschnitte im Bereich der Maxima,
ε_5 = größte Neigung der Geröllquerschnitte bei 5 % Belegdichte

b3) Diagramme von Geröllen mit Dachziegellagerung (s. Diagr.26,27)

Lagen von Geröllen mit Dachziegelpackung haben am Aufbau des NVS-Gefüges nur geringen Anteil. Trotzdem ist die Betrachtung ihrer Gefügediagramme von Interesse, da diese sich in ihrer Form beträchtlich von den Sammeldiagrammen, die für den NVS typisch sind, unterscheiden.

Diagramm der langen Geröllachsen (Diagr. 26):
Die Belegdichte der Maxima im Diagramm der A-Achsen beträgt mindestens 8 % und kann sich bis auf 1o % erhöhen. Im Gegensatz dazu wird in den Sammeldiagrammen nur selten ein Maximum von 8 % erreicht. Die Diagramme der A-Achsen zeigen bei Dachziegellage der Gerölle großflächige Maxima, in denen die Neigungsbeträge der Achsen zwischen 5^{o} - $2o^{o}$ variieren. In den Sammeldiagrammen des Aufschlußbereiches ist der Flächeninhalt der maximalen Belegdichtefelder immer bedeutend kleiner; der Fallwinkel der langen Geröllachsen liegt etwa im gleichen Intervall (4^{o} - 16^{o}).
Die Belegdichtefelder haben eine ähnliche Anordnung im Polnetz, wie sie in den Sammeldiagrammen zu finden ist.

Diagramm der größten Geröllquerschnitte (Diagr. 27):
Das Diagramm besitzt eine geschlossene Form und zeigt eine maximale Belegdichte von mehr als 2o %. Der Flächeninhalt des Maximums ist größer als der, der in den Sammeldiagrammen auftretenden Maxima. Die Dichtezentren dieser Diagramme von Geröllagen mit Dachziegelpackung schließen sich eng zusammen. Die größten Neigungswinkel der Geröllquerschnitte erreichen 44^{o} bei einer Belegdichte von 2o %. Im Mittel liegt eine Neigung von 22^{o} - 34^{o} vor, die in den Sammeldiagrammen nur 11^{o} - 24^{o} beträgt.
Bei Dachziegellagerung rücken die Belegdichtefelder der Diagramme der Geröllquerschnitte deutlich vom Mittelpunkt des Polnetzes ab. Sie zeigen e i n e bevorzugte Neigungsrichtung.

c) Auswertung der Diagramme

c1) Ermittlung und Deutung der Schüttungsrichtung

Von der Art der Schüttung, d.h. vom Wechsel der Intensität und der Richtung, wird das Korngefüge der fluviatilen Sedimente maßgebend

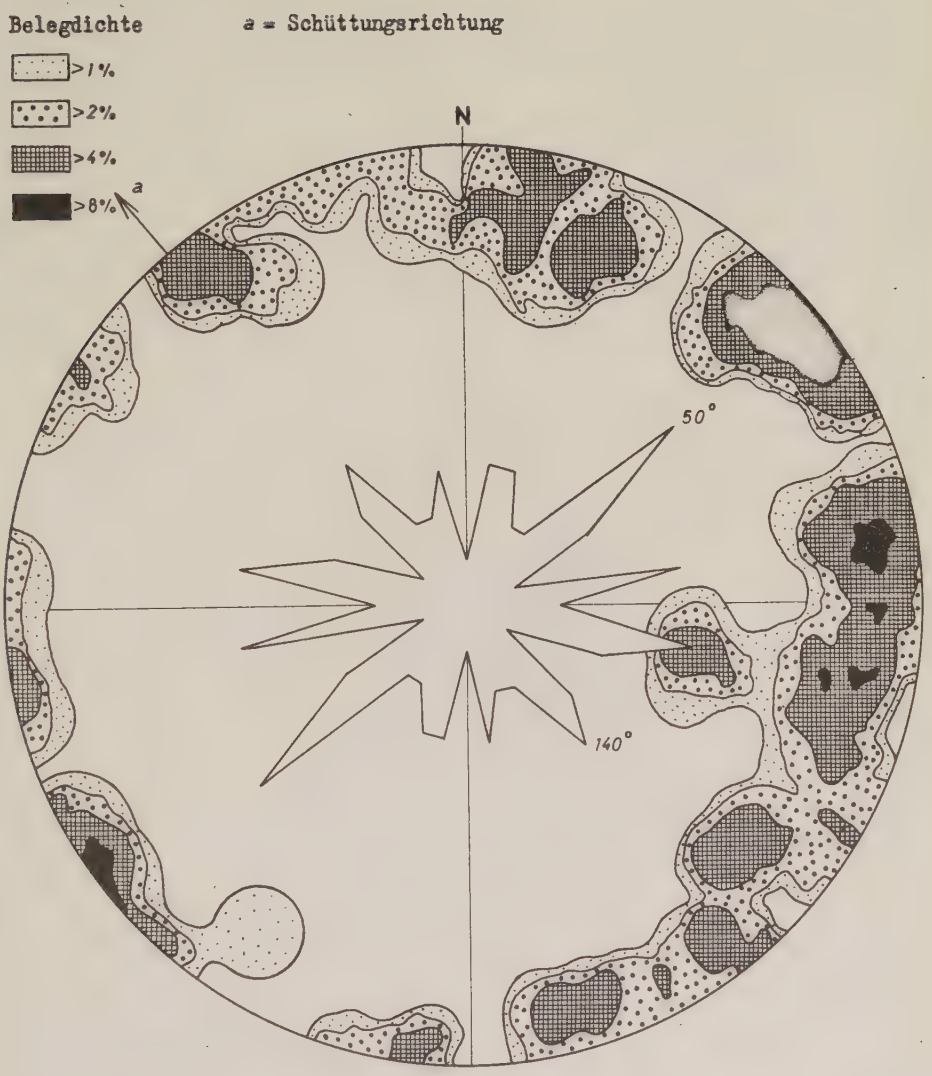


Diagramm Nr. 26: Grobkieslage mit Dachziegellagerung der Gerölle. Aufschluß Nr.15.
A - Achsen der Gerölle, 1oo Messungen ⊖ .

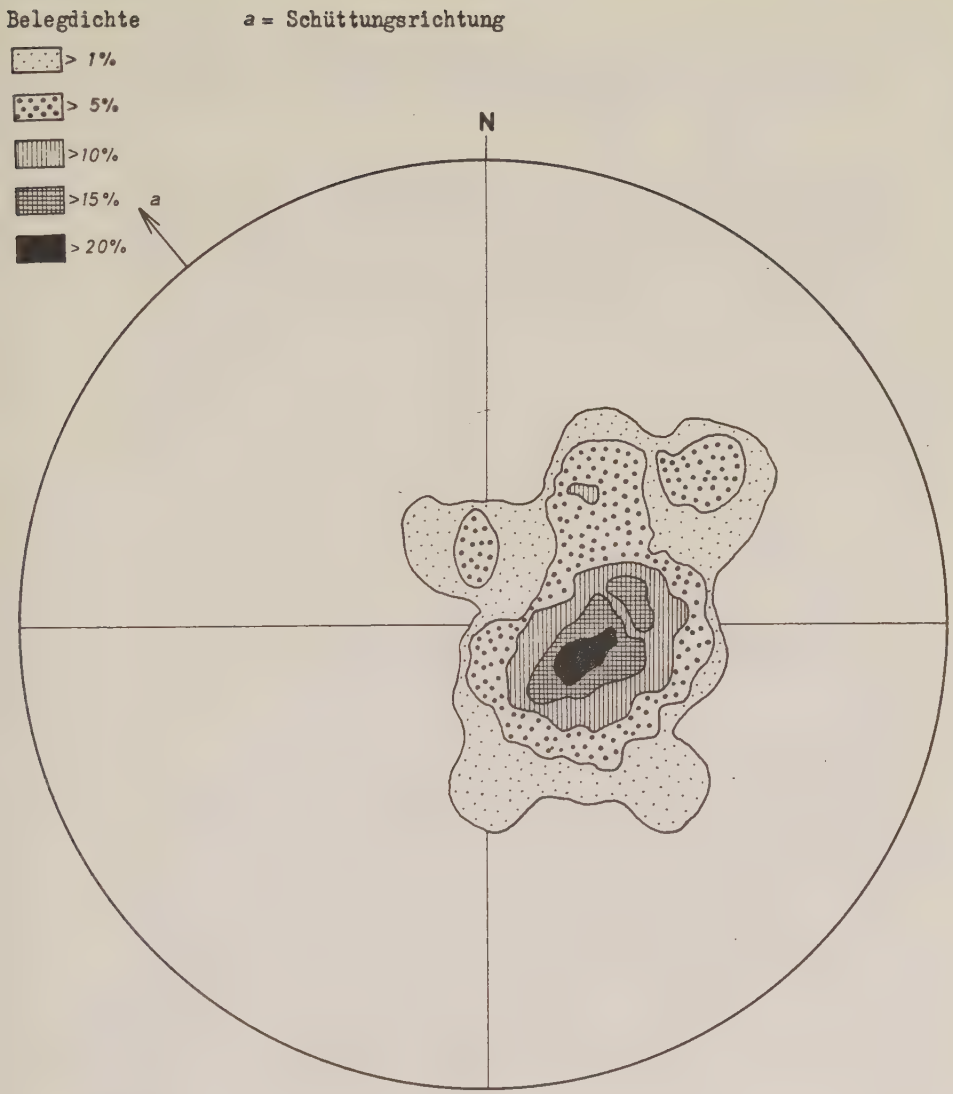


Diagramm Nr. 27: Grobkieslage mit Dachziegellagerung der Gerölle. Aufschluß Nr.15, AB - Geröllquerschnitte, 1oo Messungen ⊖ .

gestaltet. Es besteht bei Schottern eine Beziehung zwischen Geröllorientierung und ehemaliger Schüttungsrichtung. Diese Erkenntnis vermitteln die Befunde der Arbeiten von TH. KEHBOCK (1929), W.C. KRUMBEIN (1939), H. ILLIES (1949), P. NIGGLI (1948), L. RUCHIN (1958) u.a..

Bei der Bewertung der Geröllausrichtung muß man berücksichtigen, daß die Gerölle, wie H. ILLIES (1949, S. 101) feststellte, mit ihren langen Achsen zur Flußmitte hin konvergieren. Auf Grund der großen Zahl der Messungen und der gleichmäßigen Verteilung der Meßbereiche im Vertikal- und Horizontalprofil des NVS kommen die aus der Geröllorientierung sich ergebenden Schüttungsrichtungen nach statistischen Überlegungen dem wahren Wert der Schüttungsrichtung nahe.

Die Schüttungsrichtung wurde aus den Einzeldiagrammen mit maximal 100 Meßpunkten ermittelt (s. Tab. 13). Die Sammeldiagramme der Aufschlüsse sind dazu nicht geeignet, da den fluviatilen Sedimenten größere Streuungen der Transportrichtung eigen sind. Dieses Pendeln der Stromrichtung führt in den Sammeldiagrammen zu Überlagerungen und erschwert dadurch erheblich eine exakte Auswertung. Nur die vollständige Erfassung der Geröllorientierung, die aus den Diagrammen der A-Achsen und der AB-Ebenen möglich ist, läßt einen Schluß auf die Schüttungsrichtung zu. Den dabei resultierenden Richtungswert kann man nicht direkt aus den Einzeldiagrammen ablesen. Er ergibt sich aus der Summierung der Meßwerte in Verteilungstabellen (vgl. Tab. 15).

Da der NVS ca. 30 m mächtig ist und die Einzeldiagramme einen kleinen Ausschnitt des Schichtprofils erfassen, gilt die aus den Einzeldiagrammen ermittelte Schüttungsrichtung nur für die engbegrenzte Vertikale des Meßbereiches. Im Sammeldiagramm eines Aufschlusses, das alle Einzeldiagramme erfaßt, treten daher verschiedene Richtungswerte der Schotterschüttung auf (s. Tab. 11). Die Streuung der Schüttungsrichtungen übersteigt im Sammeldiagramm selten 100°.

Im Durchschnitt streut die Schüttungsrichtung in einem Winkel von 50°. Diese relativ geringe Streuung innerhalb des gesamten NVS-Gefüges weist auf eine beachtenswerte Konstanz der Schüttungsrichtung hin (vgl. S.42).

Nr.	Einzeldiagramme der Aufschlüsse Richtungswerte		größte Differenz
1	240° H	340° L	100°
2	200° H	300° H	100°
3	330° H	210° L	120°
4	200° H	300° L	100°
5	300° H	30° L	90°
6	290° H	230° L	60°
7	50° H	60° L	10°
8	20° H	330° H	50°
9		280° L	-
10	210° L	300° L	90°
11		310° L	-
12	350° H	300° L	50°
13	230° H	330° L	100°
14	290° H		-
15	340° H	320° L	20°
16	310° H	290° L	20°
17	10° H	340° H	30°
18	310° H	20° L	70°
19	340° H		-
20	250° H	280° L	30°
21	240° H	310° L	70°
22	250° L	290° L	40°
23		240° L	-

Tab. 11: Streuung der Schüttungsrichtung, ermittelt aus den Geröldiagrammen für die Aufschlüsse des NVS.
Nr. = Aufschlußnummer
H = obere Partie des NVS
L = untere Partie des NVS

c2) Abhängigkeit der Gerölleinregelung von der Schüttungsrichtung

Die Abhängigkeit der Geröllorientierung von der Schüttungsrichtung wurde an Hand der Verteilung der maximalen Belegdichten in den Einzeldiagrammen der langen Geröllachsen und der größten Geröllquer-

schnitte studiert (s. Tab. 13). Bezüglich der aus den Diagrammen resultierenden Schüttungsrichtung erfährt der Hauptanteil der Gerölle folgende Ausrichtung (Abb. 12 a, b):

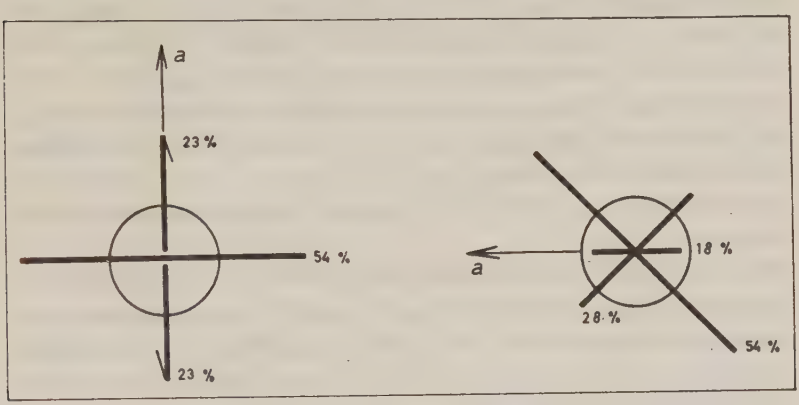


Abb. 12 a Abb. 12 b

A-Achsen der Gerölle: (Abb. 12 a)

54 % Querlage zur Schüttungsrichtung
23 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen in a
23 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen gegen a

AB-Querschnitte der Gerölle: (Abb. 12 b)

54 % Einfallen gegen Schüttungsrichtung a
28 % Einfallen in Schüttungsrichtung a
18 % Horizontale Lage

Abb. 12: Schematische Darstellung der vorherrschenden räumlichen Geröllage im NVS (a = Schüttungsrichtung)

Die langen Geröllachsen nehmen im Gesamtgefüge des NVS in nahezu gleichen Anteilen eine Längs- und Querlage zur Schüttungsrichtung ein (s. Abb. 12a). In den Sammeldiagrammen (Diagr. 2o - 25) kommt diese Orientierung der A-Achsen durch zwei aufeinander senkrecht stehende Maxima zum Ausdruck. R. BRINKMANN (1955, S. 562 ff.) erklärt diese Erscheinung durch eine möglicherweise, gegenseitige Beeinflussung der Gerölle in gleichkörnigen Schottern während der Sedimentation. Da aber beim NVS keine gleichkörnige Ausbildung vor-

liegt, kann diese Erklärung nur für einen untergeordneten Anteil des Schotters gelten. M. KÜRSTEN (1960) untersuchte die Geröllorientierung an rezenten Flußablagerungen im ariden Klimagebiet des Südirans. Er fand, daß im Transportbereich eines Flußsystems die Gerölle mit ihren langen Achsen die Querlage einnehmen, während sie sich im Sedimentationsbereich vorwiegend parallel zur Flußrichtung einstellen. Zum gleichen Ergebnis führten die von mir an rezenten Flußschottern der Isar und der Vils vorgenommenen Untersuchungen (s.S.18,20).

Diese Befunde lassen für das Korngefüge im NVS nachstehende Deutung zu:

Die Querlage der langen Geröllachsen kennzeichnet eine rasche Sedimentation des Schotters, d.h. sie spricht für ein rasches Absinken der Transportkraft des schüttenden Mediums (s. J. KALTERHERBERG 1956, S. 53 ff.). Ein Teil der Gerölle wurde bereits im Transportbereich sedimentiert.

Die gleichzeitig auftretende Längsausrichtung der langen Geröllachsen weist jedoch darauf hin, daß die Wasserführung der Flußsysteme nicht völlig schwand. Nach Ablagerung des Schotters genügte die verbliebene Wasserkraft, um einen wesentlichen Teil der Gerölle parallel zur Stromrichtung einzuregeln.

Die Auswertung aller Diagramme der AB-Geröllquerschnitte zeigt (Abb. 12 b), daß trotz der selten ausgeprägt vorkommenden Dachziegelpackung im NVS 54 % der Geröllquerschnitte entgegen der Transportrichtung einfallen. Diese bevorzugte Lage der Geröllquerschnitte spricht für eine luvseitige Ablagerung des Schotters und zeigt die gleichen Befunde, wie sie die Untersuchungen des Schichtgefüges (s.S. 44) brachten.

Die verhältnismäßig flache Neigung der Geröllquerschnitte wird durch den bedeutenden Anteil der AB-Ebenen (17 %) mit einer nahezu horizontalen Lage belegt. 28 % der Geröllquerschnitte fallen in Stromrichtung ein. Eine solche im NVS festgestellte räumliche Lage der Geröllquerschnitte ist nach L. RUCHIN (1958, S. 146) für Schüttungen von "Vorlandflüssen" typisch.

Das Zusammentreffen der verschiedenen Lagen der Geröllquerschnitte kennzeichnet eine schwankende Wasserführung der Flüsse. Bei einer beständigen und gleichmäßigen Wasserführung bzw. Transportkraft eines Flußsystems herrscht dagegen die typische stabile Lagerung, die Dachziegelpackung der Gerölle vor.

Die Orientierung der A-Achsen und der AB-Ebenen der Gerölle weist also auf folgende Sedimentationsbedingungen des NVS hin:
Die schüttenden Flußsysteme hatten eine ständige, aber stark schwankende Wasserführung; der Schottertransport fand nur periodisch in relativ kurzen Zeiträumen statt.

c3) Abhängigkeit der Gerölleinregelung von den Stoffeigenschaften

R. BRINKMANN (1955, S. 564 ff.) weist auf die Abhängigkeit des Korngefüges von den Stoffeigenschaften eines Sedimentes hin. Die gefügeanalytische Untersuchung des NVS ergab, daß die Gerölleinregelung vom Anteil des Sandzwischenmittels (K-S-Wert) im Schotter folgendermaßen beeinflußt wird:

Bei hohen K-S-Werten, d.h. bei einem geringen Gehalt an Sandzwischenmittel, bevorzugen die langen Geröllachsen die Querlage zur Stromrichtung. In diesem Falle sind die größten Geröllquerschnitte in der Mehrzahl gegen die Transportrichtung geneigt. Die bei Dachziegelpackung beobachtete Gerölleinregelung bestätigt den Einfluß des K-S-Wertes auf das Korngefüge. Hier liegen im Vergleich zur normalen Zusammensetzung des NVS, extrem hohe K-S-Werte vor. Die Diagramme zeigen vorwiegend die Querlage der A-Achsen der Gerölle und eine deutliche Neigung der Geröllquerschnitte entgegen der Stromrichtung. Steigt der Gehalt des Sandzwischenmittels, liegen also merkbar niedrige K-S-Werte vor, so nimmt die Längsausrichtung der A-Achsen zu. In einigen ausgewerteten Einzeldiagrammen von Meßbereichen mit niedrigen K-S-Werten überwiegen sogar die parallel zur Schüttungsrichtung orientierten Geröllachsen, gegenüber der sonst vorherrschenden Querlage. Der Anteil der in Stromrichtung geneigten Geröllquerschnitte steigt bei NVS-Partien mit einem hohen Sandgehalt des Schotters.

Eine Beziehung von Geröllorientierung zu Geröllgröße war im NVS nicht zu erkennen. Gleichfalls wurde keine Abhängigkeit zwischen Kornrundung und Gerölleinregelung beobachtet. Zum gleichen Ergebnis kam KALTERHERBERG (1956) bei seinen Untersuchungen an den Schottern der Hauptterasse des Rheins, an Konglomeraten des Oligozäns, des Buntsandsteins, des Rotliegenden und des Karbons.

Der Grad der Stengeligkeit, das Größenverhältnis von der größten zur mittleren Geröllachse, beeinflußt die räumliche Lage der Gerölle. Beim Einmessen des Korngefüges war zu beobachten, daß ausgesprochen stengelig geformte Gerölle mit den langen Achsen häufig horizontal oder nur sehr flach geneigt im NVS-Verband lagern.

c4) Unterschiede des Korngefüges im Vertikalprofil des NVS

Die unteren und oberen Partien des NVS weisen Unterschiede in der Größe der Geröllmaxima, der mittleren Korngröße und vor allem im Gehalt des Sandzwischenmittels auf (s.S. 23 - 32). Diese Abweichungen der Stoffeigenschaften im Vertikalprofil des NVS lassen auch Verschiedenheiten der Gerölleinregelung vermuten.

Die für den unteren und oberen Teil getrennt durchgeführte Auswertung der Einzeldiagramme der Geröllorientierung gab unterschiedliche Resultate (s. Tab. 12, Abb. 13, 14):
Im unteren Teil des NVS herrscht deutlich die Querlage der A-Achsen der Gerölle zur Schüttungsrichtung vor. Hier markieren 63 % der Dichtezentren in den Diagrammen die Querstellung der A-Achsen und nur 37 % kennzeichnen eine Ausrichtung parallel zur Schüttungsrichtung (s. Abb. 13 b, Tab. 12).
Im oberen Teil des NVS lagern dagegen die langen Geröllachsen etwa im gleichen Zahlenverhältnis quer und parallel zur Schüttungsrichtung. Dabei überwiegt vereinzelt die Längsaurichtung der A-Achsen. 46 % der Belegdichtemaxima kennzeichnen die Querlage und 54 % die Längsausrichtung der Geröllachsen (s. Abb. 13 a, Tab. 12).

Die größten Geröllquerschnitte sind im unteren wie auch im oberen Teil des NVS überwiegend der Stromrichtung entgegen geneigt. Die in Schüttungsrichtung einfallenden AB-Ebenen der Gerölle sind in der unteren Partie des Vollschotters häufiger als in der oberen.

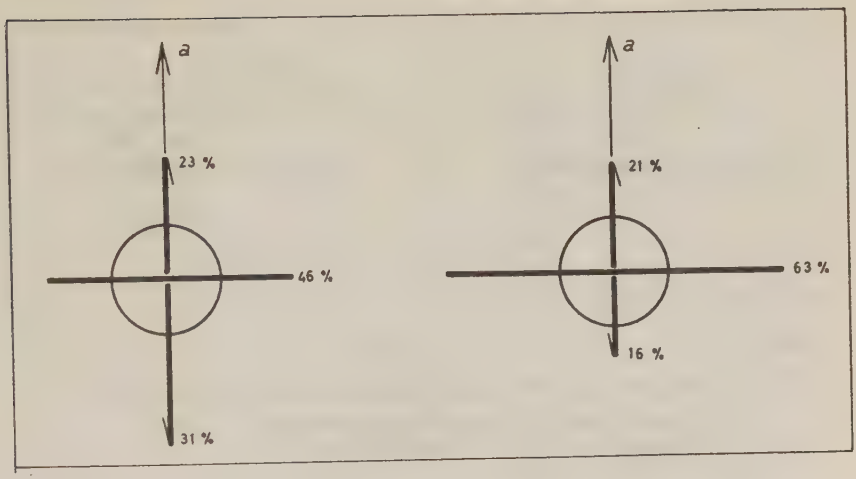


Abb. 13 a Abb. 13 b

Oberer Teil des NVS, A-Achsen der Gerölle:(Abb. 13 a)

46 % Querlage zur Schüttungsrichtung
23 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen in a
31 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen gegen a

Unterer Teil des NVS, A-Achsen der Gerölle:(Abb. 13 b)

63 % Querlage zur Schüttungsrichtung
21 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen in a
16 % Lage parallel zur Schüttungsrichtung, Einfallen gegen a

Abb. 13: Schematische Darstellung der Lage der A-Achsen der Gerölle (a = Schüttungsrichtung)

33 % der Diagrammaxima des unteren Teils des NVS zeigen eine Neigung des Geröllquerschnitts in Schüttungsrichtung, während in den Diagrammen des oberen Teiles 23 % der Belegdichtemaxima diese Lage kennzeichnen (s. Abb. 14 a, b, Tab. 12).

Die im Korngefüge erkannten Unterschiede sprechen für verschiedene Sedimentationsbedingungen in den unteren und oberen Partien des Vollschotters. Wie schon die Untersuchung der Geröllorientierung ergab (S. 54), liefern die Diagramme der A-Achsen der Gerölle und der Geröllquerschnitte Hinweise für die Ablagerungsbedingungen der Flußschotter. Die Arbeiten von J. KALTERHERBERG (1956), L. RUCHIN (1958) und M. KÜRSTEN (1960) vermitteln grundlegende Deutungsmöglichkeiten der Schottergefüge.

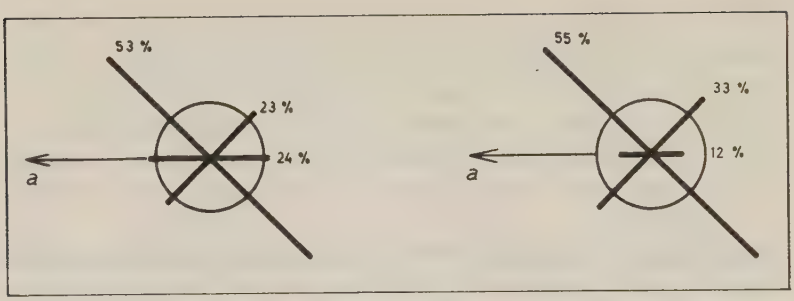


Abb. 14 a Abb. 14 b

Oberer Teil des NVS, AB-Querschnitte der Gerölle:(Abb. 14 a)

53 % Einfallen gegen Schüttungsrichtung
23 % Einfallen in Schüttungsrichtung
24 % Horizontale Lage

Unterer Teil des NVS, AB-Querschnitte der Gerölle: (Abb. 14 b)

55 % Einfallen gegen Schüttungsrichtung
33 % Einfallen in Schüttungsrichtung
12 % Horizontale Lage

Abb. 14: Schematische Darstellung der Lage der AB-Querschnitte der Gerölle (a = Schüttungsrichtung)

Auf eine beträchtliche Schwankung der Wasserführung bei Schüttung des unteren Teils des NVS deuten die vorherrschende Querlage der A-Achsen der Gerölle und der merkbare Anteil der in Stromrichtung geneigten AB-Geröllquerschnitte. Während des Schottertransportes schwand die Wassergeschwindigkeit der Flüsse verhältnismäßig schnell und verursachte eine rasche Sedimentation des Schotters. Nach der Ablagerung fand nur noch eine geringfügige Ausrichtung der Gerölle statt.

Die Schüttung des oberen Teils des NVS erfolgte dagegen während einer gleichmäßigen, nicht stark schwankenden Wasserführung. Sie kommt durch eine bessere Längsausrichtung der A-Achsen der Gerölle zum Ausdruck und verleiht der räumlichen Lage der AB-Geröllquerschnitte in den Diagrammen einheitlichere Züge.

Oberer Teil des NVS

Nr.	A-Achsen			AB-Ebenen		
	o	9o	18o	o	Z	18o
1	1			1		1
2	1	2	1	1	1	
3	3			1		1
4			1		1	
5		2	2		1	1
6		4		2		
7	1	1		1		1
8		3	1		1	2
12		2			1	2
13	5			1	1	
14	1	1	1	2		1
15		2				1
16		7	3			3
17	2	4	6		5	1
18	1	1	2	1	1	
19	1	6	2	2	1	5
2o	3	3	1	1		2
21	3	3	6		1	7
23		2	3			2
Sa	22	43	29	13	14	3o
%	23	46	31	23	24	53

Unterer Teil des NVS

Nr.	A-Achsen			AB-Ebenen		
	o	9o	18o	o	Z	18o
1		4	1			3
3		1				1
4	1	2		2		2
5	1	2		2		
6	1		1		1	
7		2		1		1
9	4	2		2		
1o		6		2	1	
11	1	1	2		1	1
12	1	3	1		1	1
13	1	3				1
15	1	6			1	2
16	1	4	1			2
18	3	2	3	2		2
2o	1	3		2		2
22	2	1o	4	1		3
23		3	1			2
Sa	18	54	14	14	5	23
%	21	63	16	33	12	55

Tab. 12: Vergleich der Gerölleinregelung zwischen dem oberen und unteren Teil des NVS.
Lage und Anzahl der Belegdichtemaxima in den Einzeldiagrammen der Aufschlüsse.
Nr. = Aufschlußnummer
o = Neigung und Ausrichtung in Schüttungsrichtung
9o = Querlage der A-Achsen zur Schüttungsrichtung
18o = Neigung gegen Schüttungsrichtung
Z = ± horizontale Lage der AB-Geröllquerschnitte

Auf Grund der Kornverteilung (s.S.23 - 28) kann man erkennen, daß die Flußsysteme, die den unteren Teil des NVS schütteten, eine größere Transportkraft erreichten als jene bei der Schüttung der oberen Partien. Trotz periodisch stark schwankender Wasserführung muß man also für den unteren Teil des NVS größere, absolute Flußgeschwindigkeiten folgern.

D. Vergleichende Betrachtung des Schicht- und Korngefüges des NVS

1. Geröllorientierung in den Schichtlagen

Beobachtet man die Aufschlüsse des NVS, so herrscht im Schichtverband eine scheinbare regellose Einlagerung der Gerölle. Die Gefügeanalyse läßt jedoch Gesetzmäßigkeiten im Aufbau des NVS erkennen. Die Auswertung von ca. 2oo Einzeldiagrammen der Geröllorientierung und der Schichtung lieferte für den Schotter bezeichnende Merkmalswerte. Lage und Zahl der Belegdichtemaxima der Diagramme sowie die daraus resultierenden Schüttungsrichtungen sind in Tab. 13 erfaßt.

Die Schichtflächen des NVS fallen vorherrschend flach in Schüttungsrichtung ein. Nur ein geringer Anteil lagert horizontal oder fällt leicht gegen die Schüttungsrichtung ein.
Die Gerölle sind im Schichtverband meist flach lagernd eingeregelt. Die langen Geröllachsen richten sich bevorzugt senkrecht und parallel zum Schichtstreichen aus. Ihre Neigungsbeträge sind gering und kennzeichnen eine nahezu horizontale Lage.
Die größten Geröllquerschnitte sind meist gegen die Schichtung geneigt. Ihr Neigungsbetrag übersteigt geringfügig den Fallwinkel der Schichten. In den selten zu beobachtenden Leelagen des Schotters dagegen fällt die größte Querschnittsfläche der Gerölle mit den Schichten gleichsinnig ein. Im Ganzen gesehen ergibt die Auswertung der Diagramme auch für die Geröllquerschnitte eine weitgehend flache Einregelung im Schotterverband.

Das Schicht- und Korngefüge des NVS ist auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse folgendermaßen zu deuten:
Während der Sedimentation des NVS bildeten sich breite, flächige, bis zu 3 m hohe Schotterrücken. Diese Schüttungskörper sind den in den Gruben aufgeschlossenen Schichtlagen identisch (s.S. 44); sie fallen flach in Stromrichtung ein. Auf den weiträumigen Luvseiten der Schotterrücken streben die Gerölle mit ihrem größten Querschnitt die stabilere Lage, mit einer Neigung gegen die Stromrichtung, an (s.S. 54 ,55). Die senkrecht und parallel zum Schichtstreichen ausgerichteten langen Geröllachsen charakterisieren eine rasch wechselnde Wasserführung (s.S. 55). Durch die starke Schwankung des Wasserpegels bedingt, fehlt daher im Gefüge des NVS jene ausgeprägte Regelmäßigkeit, wie sie z.B. in den Isarschottern zu finden ist. Bei der relativ großen Mächtigkeit der Schüttungskörper des NVS konnte der nach Hochwasserführung verbleibende Wasserfluß nicht auf alle abgelagerten Schotterpartien einwirken.

Tab. 13: Schüttungsrichtungen, ermittelt in den Einzeldiagrammen (Anzahl und Lage der Belegdichtemaxima)

Nr.	Result. Schüttungsrichtung		Anzahl und Lage der Belegdichtemaxima								
			S			A			AB		
	S-Diagr.	A, AB-Diagr.	o	18o	Z	o	9o	18o	o	18o	Z
1	25o° H	24o° H	1			1			1	1	
	31o° L	34o° L	1				2			2	
		34o° L					2	1		1	
2	22o° H	2oo° H			1			1			1
	29o° H	3oo° H	1			1	2		1		
3	3oo° H	33o° H			1	3			1	1	
	23o° L	21o° L	1				1			1	
4	21o° H	2oo° H			1			1			1
	31o° L	3oo° L	1			1	2		2	2	
5	31o° H	3oo° H		1			2	2		1	1
	4o° L	3o° L	1			1	2		2		
	4o° L		1								
6	3oo° H	29o° H	1				4		2		
	21o° L	23o° L		1		1		1			1
7	3o° H	5o° H	1			1	1		1	1	
	6o° L	6o° L	1				2		1	1	
8	1o° H	2o° H	1				2				1
	34o° H	33o° H	1				1	1		2	
	1o° H		1								
9	29o° L	28o° L	1			4	2		2		
1o	23o° L	21o° L	1				4		1		1
	29o° L	3oo° L	1				2		1		
11	29o° L	31o° L	1			1	1	2		1	1
12	34o° H	35o° H	1				2			2	
	29o° L	3oo° L	1			1	3	1		1	1
13	29o° H	28o° H	1			3					1
	22o° H	23o° H			1	2			1		
	35o° L	33o° L	1			1	3			1	
14	28o° H	29o° H	1			1	1	1	2	1	

Fortsetzung S. 62

Nr.	S-Diagr.	A, AB-Diagr.	S			A			AB		
			o	18o	Z	o	9o	18o	o	18o	Z
15	31o° H	34o° H	1				2			1	
	29o° L	32o° L	1			1	4			1	1
		32o° L					2			1	
16	33o° H	31o° H	1				5	1		1	
		30o° H					2	1		2	
	28o° L	32o° L	1				2	1		1	
	25o° L	29o° L			1	1	2			1	
	13o° L		1								
17	34o° H	34o° H		1			2	2		1	1
		1o° H				1	1	1			2
		34o° H				1	1	3			2
18	28o° H	35o° H	1			1		1	1		
		31o° H					1	1			1
	1o° L	2o° L	1			2	1		1		
		34o° L				1		1	1	1	
	24o° L	35o° L	1				1	2		1	
19	31o° H	34o° H	1				4	1		1	1
	25o° H	25o° H	1			1	2	1	2	4	
	25o° H		1								
2o	30o° L	28o° L	1			2	3		2	2	
	26o° H	25o° H	1			3	1			1	
		25o° H					2	1	1	1	
21	24o° H	24o° H	1				3	2		2	
		25o° H						2		2	
	26o° H	26o° H	1			3		1		2	
	30o° L	31o° L			1			1		1	1
	21o° H		1								
22	26o° L	25o° L			1	1	2			1	
		29o° L				1	4	1	1	1	
		25o° L					4	3		1	
23	25o° H	24o° H			1		2	3		2	
		24o° L					3	1		2	
Summe			37	3	8	41	96	42	27	53	18
Anteil in %			78	6	16	23	54	23	28	54	18

Nr. = Aufschlußnummer, S = Schichtung, A = A-Achsen der Gerölle, AB = AB-Geröllquerschnitte, H = oberer Teil des NVS, L = unterer Teil des NVS, o = Neigung und Ausrichtung in Schüttungsrichtung, 9o = Querlage der A-Achsen zur Schüttungsrichtung, 18o = Neigung und Einfallen gegen Schüttungsrichtung, Z = ± horizontale Lagerung.

2. Ermittlung der Schüttungsrichtung aus den Diagrammen der Schichtung und der Geröllorientierung

Die Schüttungsrichtung des NVS kann auf zweierlei Art, an Hand der Diagramme der Schichtung und der Geröllorientierung, ermittelt werden. Beide Meßverfahren lieferten vergleichbare Richtungswerte, aus denen sich der endgültige Mittelwert (= in der Karte Nr. 5 eingetragene Richtungspfeile) zusammensetzt.
Durch die Kontrolle der einzelnen, resultierenden Schüttungsrichtungen war es möglich, die Gesamttendenz der Richtung der NVS-Schüttung genauer zu fassen.

a) Differenzen der aus beiden Meßverfahren ermittelten Werte der Schüttungsrichtung

Die Werte, die aus beiden Meßverfahren resultieren, weisen Differenzen auf. Diese Abweichungen der resultierenden Schüttungsrichtungen aus den Schicht- und Gerölldiagrammen wurden in Tab. 14 erfaßt und ihre Verteilung graphisch dargestellt (Abb. 15).
Von der Gesamtzahl der auftretenden Differenzen liegen 96 % zwischen 0^{o} - 30^{o}. Die durchschnittliche Winkeldifferenz der Richtungen beträgt 10^{o}. Ihr Ursprung ist in verschiedenen Ursachen zu suchen:

1. Bei der Einmessung der Schichtung und der Gerölle sind die Meßpunkte nach unterschiedlichen Gesichtspunkten im Aufschluß verteilt (s. Methodik S.7/9). Die Einmessung des Schichtgefüges erfolgt horizontal und vertikal fast im gesamten Bereich des Aufschlusses. Die Gerölleinmessung dagegen konzentriert sich im Aufschluß punktweise auf einzelne, eng begrenzte Meßbereiche.
2. Die auftretenden Meßfehler sind bei Geröll- und Schichteinmessungen verschieden. Die Genauigkeit der Richtungsangabe verschiebt sich dabei zugunsten der Gerölldiagramme, da bei der Schichtmessung nur ein geringer Teil der gesamten Schichtfläche freiliegt.
3. Die Untersuchung des Korngefüges beschränkt sich auf einzelne kleine Bereiche. Dadurch können aus örtlich wirksamen, stärkeren Streuungen im fluviatilen System abweichende Werte resultieren.

Unter Berücksichtigung des fluviatilen Charakters des NVS und der technisch bedingten Meßfehler ist eine mittlere Differenz von 10^{o} gering. Die Resultate beider Meßmethoden können daher als gleich-

wertig angesehen werden. Auf Grund der hier beschriebenen Größe der Abweichung der sich entsprechenden Richtungswerte reicht eine Angabe der Schüttungsrichtung von 1o° zu 1o° aus.

Nr.	S	A/AB	Δ	Nr.	S	S/AB	Δ
1	25o°	24o°	1o°	13	29o°	28o°	1o°
	31o°	34o°	3o°		22o°	23o°	1o°
2	22o°	2oo°	2o°		35o°	33o°	2o°
	29o°	3oo°	1o°	14	28o°	29o°	1o°
3	3oo°	33o°	3o°	15	31o°	32o°	1o°
	23o°	21o°	2o°		31o°	32o°	1o°
4	21o°	2oo°	1o°	16	33o°	3oo°	3o°
	31o°	3oo°	1o°		28o°	32o°	4o°
5	31o°	3oo°	1o°		25o°	29o°	4o°
	4o°	3o°	1o°	17	34o°	34o°	o°
6	3oo°	29o°	1o°	18	28o°	31o°	3o°
	21o°	23o°	2o°	19	31o°	34o°	3o°
7	3o°	5o°	2o°		25o°	25o°	o°
	3o°	6o°	3o°	2o	3oo°	28o°	2o°
8	1o°	2o°	1o°		26o°	25o°	1o°
	34o°	33o°	1o°	21	24o°	24o°	o°
9	29o°	28o°	1o°		26o°	25o°	1o°
1o	23o°	21o°	2o°		3oo°	31o°	1o°
	29o°	3oo°	1o°	22	26o°	25o°	1o°
11	29o°	31o°	2o°		26o°	19o°	3o°
12	34o°	35o°	1o°	23	25o°	24o°	1o°
	29o°	3oo°	1o°		25o°	23o°	2o°

Tab. 14: Differenz der aus beiden Meßverfahren ermittelten Schüttungsrichtung.

Nr. = Aufschlußnummer
S = Schüttungsrichtung ermittelt aus den Schichtdiagrammen
A/AB = Schüttungsrichtung ermittelt aus den Gerölldiagrammen
Δ = Differenz zwischen S und A/AB

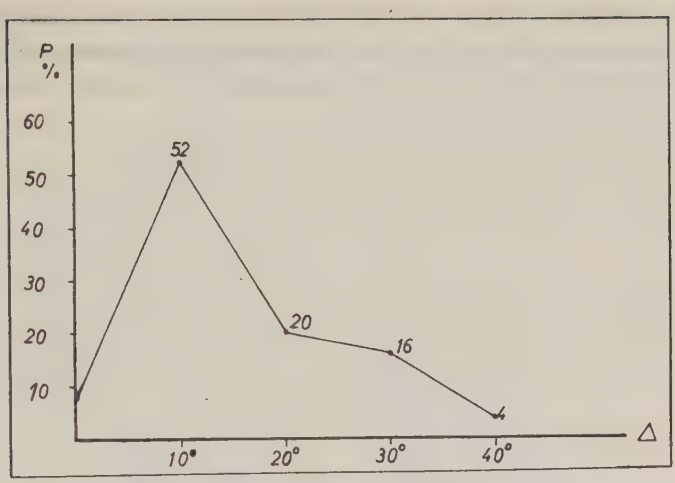


Abb. 15: Graphische Darstellung der Differenzen der aus beiden Meßverfahren ermittelten Schüttungsrichtung
Δ = Betrag der Differenz, P = Häufigkeit des Differenzbetrages

b) Ermittlung der Schüttungsrichtung für den gesamten Bereich des NVS

Die Ermittlung der allgemeinen Tendenz der Schüttungsrichtung des NVS wurde an Hand der zahlenmäßigen Verteilung der Richtungswerte festgestellt (s. Tab. 15). Für jeden Aufschluß sind zwei Werte der Schüttungsrichtung vorhanden:

1) Die resultierende Schüttungsrichtung aller Diagramme der Geröllorientierung,
2) die resultierende Schüttungsrichtung aller Diagramme der Schichtung.

Abgesehen von drei unbedeutenden Ausnahmen beschränkt sich die Schüttungsrichtung des NVS auf die Westhälfte des Kreises (s. Abb 16). Die Zusammenfassung aller Schüttungsrichtungen des gesamten Vertikal- und Horizontalprofils des NVS verursacht in der Abbildung eine breite Streuung der Werte. Die allgemeine Tendenz der Schüttungsrichtung wird jedoch durch eine Häufung der Werte im NW-Sek-

tor hervorgehoben. 44 % der Gesamtzahl der ermittelten Richtungswerte konzentrieren sich auf dem Kreisabschnitt zwischen 290° und 310°. Im Ganzen gesehen herrscht also im NVS-Verband eine WNW Richtung der Schüttung vor.

0°	-	90°	-	180°	-	270°	2
10°	-	100°	-	190°	-	280°	-
20°	1	110°	-	200°	-	290°	5
30°	-	120°	-	210°	2	300°	8
40°	1	130°	-	220°	3	310°	5
50°	1	140°	-	230°	1	320°	2
60°	-	150°	-	240°	2	330°	2
70°	-	160°	-	250°	5	340°	3
80°	-	170°	-	260°	2	350°	1

Tab. 15: Ermittlung der Schüttungsrichtung für den gesamten Bereich des NVS; pro Aufschluß kommen 2 Richtungswerte:
1. Schüttungsrichtung des Schichtgefüges
2. Schüttungsrichtung des Korngefüges.

Die prozentuale Verteilung der Richtungswerte ist in Abb. 16 schematisch dargestellt:

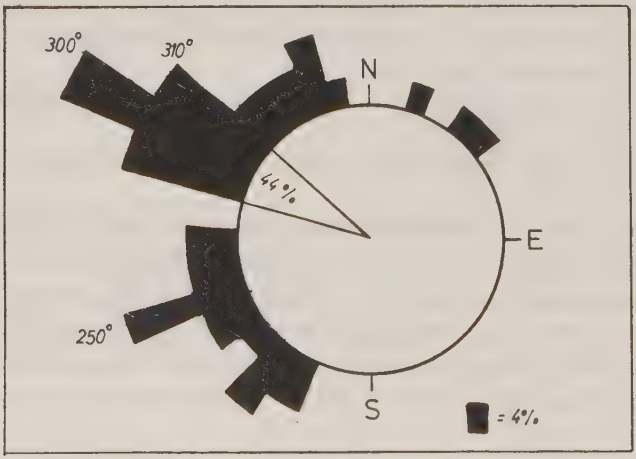


Abb. 16: Schematische Zusammenfassung der Schüttungsrichtungen im gesamten Bereich des NVS

c) Zeitliche und regionale Betrachtung der Schüttungsrichtung des NVS

Während des zeitlichen Ablaufes der Sedimentation des NVS ändert sich der Charakter der Schüttung.
Den älteren, unteren Teil des NVS kennzeichnet eine in der Hauptsache NW gerichtete Tendenz der Schüttungsrichtung (s. Abb. 17 b). 72 % der Gesamtzahl der Richtungswerte liegen zwischen 280° - 340°. Es handelt sich hier um eine für fluviatile Sedimente stabilde Tendenz der Schüttungsrichtung.
Dem stratigraphisch jüngeren, oberen Teil des NVS ist dagegen eine stärkere Streuung der Schüttungsrichtung eigen. Hier verteilt sich die Gesamtzahl der Richtungswerte nahezu gleichmäßig auf den NW- (52 %) und SW-Sektor (36 %) des Richtungskreises (s. Abb. 17 a).

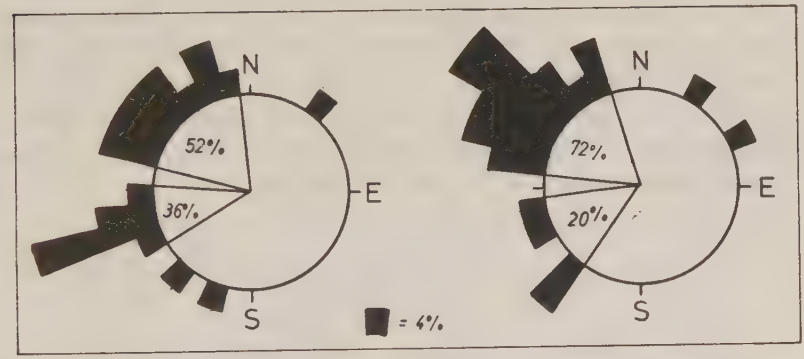


Abb. 17 a: oberer Teil des NVS Abb. 17 b: unterer Teil des NVS

Abb. 17: Schematische Darstellung der Verteilung der Schüttungsrichtungen im Vertikalprofil des NVS

Die Schüttungsrichtung wird also in den oberen Partien des NVS uneinheitlicher. Im Vergleich zum unteren Teil des Schotters vergrößert sich hier die Streuung der Schüttungsrichtung bedeutend.

Im Vertikalprofil des NVS kann eine Veränderung der Tendenz der Schüttungsrichtung festgestellt werden.
In den unteren Partien der NVS-Schüttung herrschte weitgehend ein in der Richtung sich wenig ändernder Schottertransport. Daraus darf

man schließen, daß die Schüttung nicht in mäandrierenden Flußsystemen erfolgte, sondern die Wassermassen während des Schottertransportes schichtflutenartig und richtungsgeregelt auftraten.

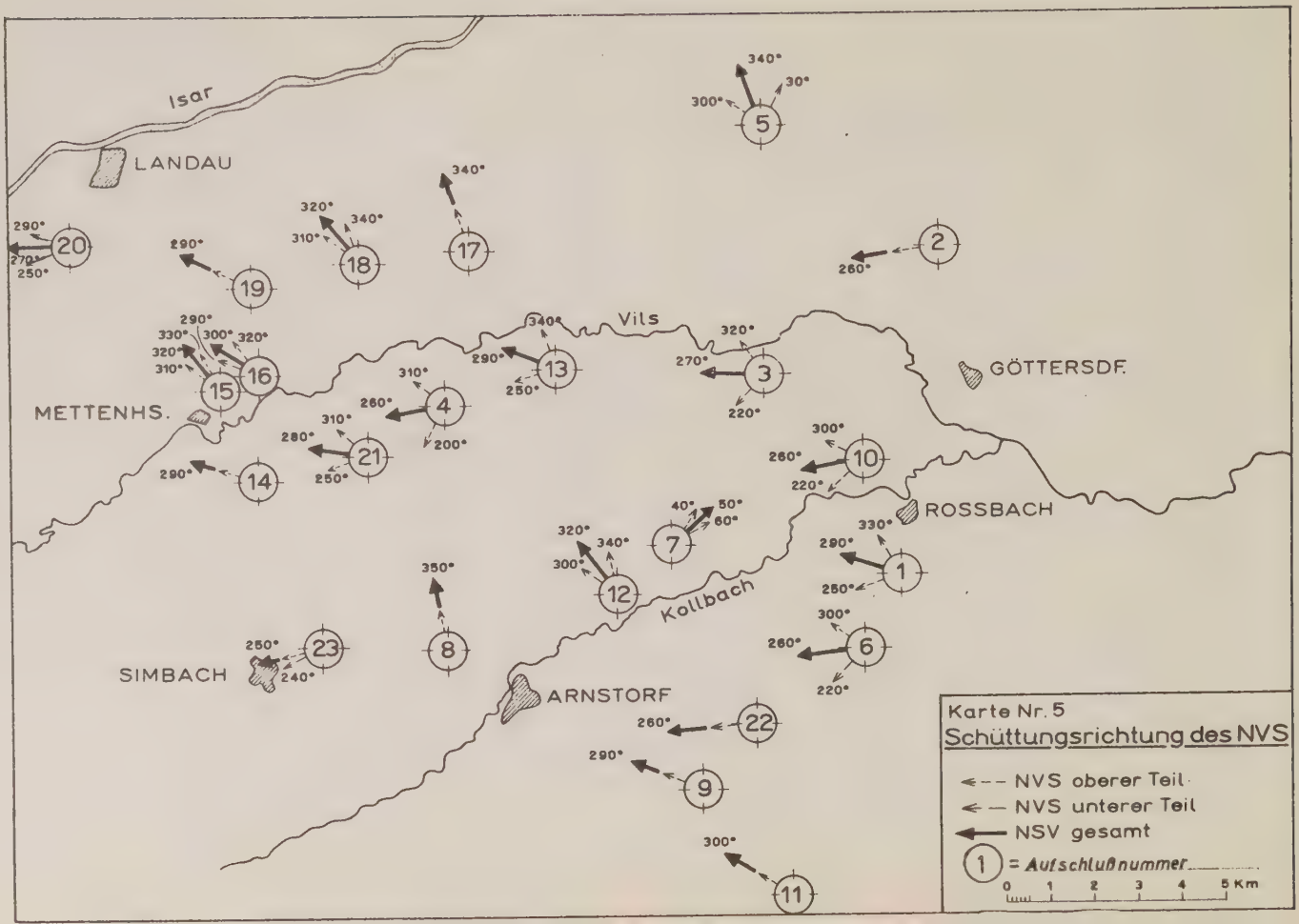
In den oberen Partien des NVS wird die Richtung des Transportes uneinheitlicher. Dies kann damit erklärt werden, daß die Wasserführung mehr an den Verlauf der Flußbette gebunden war und somit häufigere Änderungen der Schüttungsrichtung bedingt.

Bei einer regionalen Betrachtung der Schüttungsrichtung des NVS ist zu beachten, daß der Vollschotter im Untersuchungsgebiet nicht überall in seiner vollen Mächtigkeit erschlossen ist. Im Südosten des Arbeitsgebietes überwiegen in den Aufschlüssen die unteren Partien des NVS. Im Nordwestteil dagegen ist der obere Teil des Schotters besser erschlossen, da hier die NVS-Unterkante unter Talniveau abtaucht (H. BATSCHE, 1957, W. REHSE 1960, A. HESS 1961, C. SUTTER 1960).
Für die einzelnen Aufschlüsse wurde aus den Diagrammen der Schichtung und der Geröllorientierung ein resultierender Wert der Schüttungsrichtung ermittelt (s. Tab. 16, Karte Nr. 5).

Nr.	a	Nr.	a	Nr.	a	Nr.	a
1	290°	7	50°	13	290°	19	290°
2	260°	8	350°	14	290°	20	270°
3	270°	9	290°	15	320°	21	280°
4	260°	10	260°	16	300°	22	260°
5	340°	11	300°	17	340°	23	250°
6	260°	12	320°	18	320°		

Tab. 16: Schüttungsrichtung für die Aufschlüsse im NVS, ermittelt aus Schichtmessung und Gerölleinmessung.
Nr. = Aufschlußnummer, a = Schüttungsrichtung

Im östlichen, aufgeschlossenen Sedimentationsraum des NVS herrscht eine W bis WNW gerichtete Schüttung vor. Weiter westwärts tritt eine NW verlaufende Komponente hinzu, die im NW-Teil des Gebietes zwischen Isar und Vils dominiert.


Isar
LANDAU
METTENHS.
Vils
GÖTTERSDF.
ROSSBACH
Kollbach
SIMBACH
ARNSTORF
Karte Nr. 5
Schüttungsrichtung des NVS
NVS oberer Teil
NVS unterer Teil
NSV gesamt
1 = Aufschlußnummer
0 1 2 3 4 5 Km

Von einem nahezu E-W tendierenden Schüttungsverlauf im Osten des Gebietes, biegt die Transportrichtung des Schotters nach Westen zu allmählich nach WNW und schließlich nach NW ab.

VIII. Zusammenfassung

A. Die ermittelten Merkmalswerte des NVS

1. Durch die Gefügeanalyse sollen für den Nördlichen Vollschotter zusätzliche und meßbare Merkmalswerte gewonnen werden.
   Zur Erfassung des Gefüges war die Untersuchung der Stoffeigenschaften und der Sedimentationseigenschaften notwendig.
   An Stoffeigenschaften wurden bestimmt:
   Korngrößenverteilung, Anteil des Sandzwischenmittels und Kornform.
   Zur Erfassung der Sedimentationseigenschaften, wie Stromgeschwindigkeit, Strömungsart und Stromrichtung wurde die Einmessung des Schichtgefüges und der Geröllorientierung (Korngefüge) vorgenommen.

2. Die Untersuchung der Stoffeigenschaften ergab für den NVS typische Merkmalswerte. Außerdem zeigte sich, daß das Korngefüge des Schotters durch seine Stoffeigenschaften beeinflußt wird. Von besonderer Bedeutung ist dabei das Gewichtsverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel.

   a) Bei der Untersuchung der Geröllmaxima wurde an jedem Geröll die Länge der A-, B- und C-Achse festgestellt. Die Geröllgröße wird durch das geometrische Mittel K der Achsenlängen ausgedrückt.
   Den maximal großen Geröllen der Aufschlüsse entspricht ein Wert von K = 12,6 cm.
   Die untere Partie des Schotters ergab im Durchschnitt für die Geröllmaxima K = 11,6 cm, die obere K = 9,65 cm. Es ist also eine Volumenverringerung der Geröllmaxima von unten nach oben im Vertikalprofil des NVS festzustellen.

b) Die mittlere Korngröße des Kiesanteils wird durch das Korngrößenintervall der vorherrschenden Fraktion dargestellt, wobei der Mittelwert M dem arithmetischen Mittel der Korngrößen des Intervalls entspricht.
Für den unteren Teil des NVS liegt das Intervall der mittleren Korngröße zwischen 2,5 - 4,o cm (M = 3,5 cm), für den oberen zwischen 1,5 - 3,o cm (M = 2,3 cm). Der allgemeine Mittelwert von M beträgt 2,9 cm.
Wie die Geröllmaxima, so zeigen auch die Werte der mittleren Korngröße des Kiesanteils eine Korngrößenabnahme von unten nach oben im Vertikalprofil des NVS an.

c) Das Mengenverhältnis von Kies zu Sandzwischenmittel wird durch den K-S-Wert gekennzeichnet; er gibt an, wieviel Kilogramm Kies auf 1 kg Sandzwischenmittel entfallen. Im unteren Teil des NVS ergibt K-S = 3,4; im oberen 2,6.
Der Anteil des Sandzwischenmittels nimmt also im Vertikalprofil des NVS von unten nach oben zu.
Der Mittelwert für den gesamten NVS-Verband beträgt K-S = 3,o.

d) Zur Bestimmung der Kornform der Gerölle wurde die Rundung und der Grad der Stengeligkeit festgestellt (s. Meth. S. 11). Die Gerölle des NVS haben meist die Rundungsgrade (n. CHABAKOW) II und III. Der Mittelwert der Geröllrundung in Prozenten erscheint mit R = 69,2 %.
Der durchschnittliche Grad der Stengeligkeit ergibt F = 1,6; ausgesprochen stengelige Geröllformen sind selten.

3. Durch die Untersuchung des Gefüges lassen sich die Sedimentationseigenschaften des NVS ermitteln. Es ergeben sich dabei für den NVS typische Merkmalswerte.
Im NVS dominiert Diagonalschichtung, kreuzgeschichtete Partien kommen selten vor. Die Schichtmächtigkeit schwankt im allgemeinen zwischen o,3 - 1,5 m; doch wurden auch Mächtigkeiten bis zu 3 m gemessen. Sandeinschaltungen sind im ganzen Schotterverband zu finden. Ihre Zahl und Größe nimmt jedoch in den oberen Partien des NVS zu.

Der Sortierungskoeffizient liegt bei 4,5; er kennzeichnet eine sehr schlechte Sortierung, die sich im massigen Schichtungsbild abzeichnet und eine Erkennung der Grenzen zwischen den Schichtlagen erschwert. Die groben Gerölle sind selten lagenweise angereichert, sondern meist verstreut eingelagert anstehend.

4. Die Messungen für Schicht- und Korngefüge wurden im flächentreuen Polnetz dargestellt.

   a) In den Diagrammen des Schichtgefüges erscheinen die Belegdichtefelder in geschlossener, konzentrischer Anordnung.
   Die Diagramme enthalten e i n Maximum der Belegdichte und zeigen damit die einheitliche Tendenz des Schichteinfallens.
   Die zentrale Lage der Maxima kennzeichnet die vorherrschend geringe Neigung der Schichten.
   Die Diagramme erreichen meist eine maximale Belegdichte von 3o %; Maxima von 2o % und 15 % treten zahlenmäßig zurück.
   Die Schichten fallen durchschnittlich zwischen 4^{o} - 15^{o} ein; Fallwinkel von mehr als 26^{o} werden im allgemeinen selten erreicht. Ausnahmen stellen die in schräggeschichteten Sandeinschaltungen gemessenen Fallwinkel dar, die im Durchschnitt 18^{o} und maximal 37^{o} betragen.

   77,3 % der Belegdichtemaxima aller Diagramme der Schichtung fallen in Schüttungsrichtung ein. Der flache Fallwinkel zeigt an, daß es sich um Luvseiten von Schüttungskörpern handelt, die in Stromrichtung geneigt sind.

   Die Auswertung der Schichtdiagramme ergab, daß die Mehrzahl der Schichtlagen in Schüttungsrichtung einfällt. Am Aufbau des NVS sind diese in Schüttungsrichtung geneigten Luvlagen maßgebend beteiligt. Steiler geneigte Leeablagerungen wurden selten beobachtet und sind für das Gesamtgefüge von geringer Bedeutung.

   b) Die Untersuchung des Korngefüges wurde am Kiesanteil der Schüttung vorgenommen.
   Das Korngefüge wird durch die Orientierung der längsten morphologischen Geröllachse (A) und die Lage des größten Geröllquerschnitts (AB) erfaßt.

b1) Die Sammeldiagramme der A-Achsen der Gerölle nehmen im Polnetz eine breit streuende Randlage ein. Im Gesamtbild kommt eine vorwiegend flache Neigung der langen Geröllachsen zum Ausdruck. Die Maxima der Belegdichte verteilen sich merkbar in zwei aufeinander senkrecht stehende Richtungen. Die Anzahl der Maxima variiert von mindestens 2 bis höchstens 6 pro Diagramm. Eine Belegdichte von 8 % wird nicht überschritten. Zum größten Teil erreichen die Maxima in den einzelnen Sammeldiagrammen nur 6 %.
Die Neigung der langen Geröllachsen bewegt sich im allgemeinen zwischen 4^{o} - 16^{o}. Nur in wenigen Diagrammen beträgt sie mehr als $2o^{o}$.

b2) Die Sammeldiagramme der AB-Geröllquerschnitte liegen ähnlich den Schichtdiagrammen, zentral im Polnetz. Sie teilen sich jedoch meist in mehrere Dichtezentren auf. Ihre Anordnung kennzeichnet die vorherrschend flache Lage der größten Geröllquerschnitte im Schotterverband. Die Anzahl der Belegdichtemaxima schwankt zwischen 2 und 4 pro Diagramm. Die größte Belegdichte erscheint mit 2o %. Häufiger enthalten die Diagramme Maxima von nur 1o % oder 15 %. Ihr Flächeninhalt ist größer als der der Maxima der Diagramme der A-Achsen.
Im Durchschnitt sind die Geröllquerschnitte 11^{o} - 24^{o} geneigt. Bei 39^{o} liegt im allgemeinen der höchste Neigungswinkel.

c) Die allgemeine Lagerung der Gerölle im Schichtverband ist folgende:
Die Gerölle sind mit ihren langen Achsen parallel und senkrecht zum Schichtstreichen ausgerichtet. Ihre größte Querschnittsfläche fällt meist der Schichtneigung entgegengesetzt ein. Mit dem Schichteinfallen gleichsinnig geneigte Geröllquerschnitte sind jedoch in den Diagrammen deutlich vertreten.

d) Im Vertikalprofil des NVS sind Unterschiede im Korngefüge zu erkennen. Im unteren Teil des NVS sind die Gerölle mit ihren A-Achsen bevorzugt senkrecht zum Schichteinfallen eingeregelt. Im oberen Teil des Vollschotters lagern sie mit ihren langen Achsen gleichermaßen parallel und senkrecht zur Fallrichtung der Schichten. Örtlich überwiegt sogar die Parallelstellung.

5. Aus dem Schicht- und Korngefüge, aus der regionalen Verteilung der Geröllmaxima, der mittleren Korngröße und aus dem Gehalt an Sandzwischenmittel muß für den NVS eine in der Hauptsache WNW ge-

richtete Schüttung angenommen werden. Die Mittelwerte der Schüttungsrichtung für die untersuchten Aufschlüsse liegen in der Hauptsache zwischen 290° - 310°.

a) Die im Einzeldiagramm enthaltenen, örtlichen Schüttungsrichtungen ergeben im Sammeldiagramm des Aufschlusses eine Streuung von höchstens 100°. Im Durchschnitt liegt der Streuwinkel bei 50°. Daraus folgt eine für den fluviatil geschütteten NVS verhältnismäßig stabile Tendenz der Schüttungsrichtung.

b) Im unteren Teil des NVS konzentrieren sich 72 % der ermittelten Richtungswerte zwischen 280° - 340°. Die W-NW Richtung ist hier dominierend.
Im oberen Teil dagegen tritt zur NW Schüttung eine deutlich SW gerichtete Schüttungskomponente hinzu.
Die Schüttungstendenz wird also gegen Ende der Vollschottersedimentation uneinheitlicher.

B. Schlüsse zur Paläogeographie des NVS

Die Gefügeforschung ermöglicht nachprüfbare Aussagen über die Paläogeographie einer Schüttung.
So erlauben die Ergebnisse der Gefügeuntersuchung des NVS Rückschlüsse auf ehemalige Sedimentationsbedingungen und geben Aufschluß über den zeitlichen und regionalen Verlauf der Schüttung.

Aus der Monotonie der petrographischen Zusammensetzung und der gleichbleibenden Kornform der Gerölle des NVS kann man erkennen, daß für den gesamten Zeitraum der Schüttung die distributive Provinz im alpinen Raum die gleiche war.

Für den Hauptteil der Vollschotterschüttung ist die Wasserführung durch periodisch auftretende, starke Schwankungen gekennzeichnet. Beim Transport der Schotter waren sicherlich bedeutend höhere Wassergeschwindigkeiten wirksam, als sie z.B. heute im Bereich der Isar südlich von München bei Hochwasserführung auftreten.

Die Sedimentation des mitgeführten Schuttes erfolgte rasch, d.h. die Wasserführung bzw. die Transportkraft der Flüsse nahm verhältnismäßig rasch ab. Der Schotter wurde flächenhaft sedimentiert. Die Schüttung fand in breiten, seichten Rinnen statt.
Bei der Sedimentation des NVS bildeten sich bedeutend größere Schüttungskörper (= Kiesbänke) als im heutigen Flußbett der Isar im Süden von München. Für die oft bis zu 2 m mächtigen Schotterlagen des NVS resultieren, verglichen mit den rezenten Kiesbänken der Isar, Längen von schätzungsweise 200 - 400 m und Breiten von 50 - 150 m. Trotz der starken Schwankung der Wasserführung sprechen die Auswertungen des Korngefüges für eine ständige, niemals unterbrochene Wasserführung der Flüsse.

In den Grundzügen hatten die Flußsysteme eine hauptsächlich WNW gerichtete Schüttungstendenz, die in dem gesamten Vollschotterverband hervortritt.
Regional betrachtet besaßen die Flüsse im Ostteil des Sedimentationsraumes eine überwiegend E - W verlaufende Stromrichtung, die nach Westen zu allmählich gegen NW abbog.
Im ganzen gesehen blieb die Schüttungsrichtung des NVS relativ konstant. Sie streut in einem für fluviatile Sedimente geringen Winkel.

Bei der Betrachtung des zeitlichen Ablaufes der Schüttung des NVS unterscheidet sich der untere, ältere Teil der Schüttung von der jüngeren Phase des Schottertransportes im oberen Teil.

Im älteren, unteren Teil des NVS war bei der Sedimentation eine weitgehend einheitliche Schüttungstendenz vorhanden. Die Transportrichtung der Flüsse konzentrierte sich auf Nordwesten. Die Wasserführung der Flußsysteme unterlag starken Schwankungen. Beim Schottertransport bewegten sich die Wassermassen schichtflutenartig und waren nicht an den Verlauf der Flußbette gebunden.

Nachdem die Schottersedimentation ihren Höhepunkt überschritten hatte, wurde mit dem Beginn der Endphase der Schüttung die Richtungstendenz labiler. Zur allgemein dominierenden NW-Richtung der Flüsse tritt eine deutlich SW gerichtete Komponente hinzu. Die Stromrich-

tung wurde unbeständiger. Dies läßt sich durch eine stärkere Bindung der Wasserführung an den Verlauf der Flußbette erklären.

Die Wasserführung der Flüsse blieb bei der Schüttung des oberen Teils des NVS beständiger. Die Wassergeschwindigkeit und somit die Transportkraft der Flüsse erreichte jedoch nicht mehr die Größe wie im ersten Abschnitt der Sedimentation des NVS.

Anhang

Aufschlußverzeichnis

Nr.	Aufschluß	Blatt	R	H
1	Hölldobl	Haidenburg	69 13o	83 44o
2	Glucking	Gergweis	7o 24o	9o 95o
3	Dornach	Eichendorf	66 575	87 95o
4	Rengersdorf	Eichendorf	58 64o	87 56o
5	Ramsdorf	Eichendorf	65 87o	93 7oo
6	Viehgassen	Haidenburg	67 18o	81 44o
7	Sattlern	Arnstorf	63 755	84 1oo
8	Zwilling	Arnstorf	58 6oo	81 48o
9	Kudlhub	Arnstorf	64 49o	78 66o
1o	Berg	Gergweis	68 45o	86 o6o
11	Thalöd	Arnstorf	66 47o	76 13o
12	Padersberg	Arnstorf	62 98o	82 94o
13	Adldorf	Eichendorf	61 34o	87 86o
14	Haunersdorf	Landau	64 8oo	85 72o
15	Mettenhausen	Landau	53 35o	87 55o
16	Reichersdorf	Landau	54 51o	88 19o
17	Rannersberg	Eichendorf	59 97o	9o 88o
18	Schlüpfing	Landau	56 9oo	9o 38o
19	Möding	Landau	54 38o	89 84o
2o	Niederhöcking	Landau	5o 15o	91 16o
21	Mildenberg	Landau	56 85o	86 45o
22	Minihof	Arnstorf	65 88o	79 78o
23	Schnarrn	Simbach	56 64o	81 65o

Literaturverzeichnis

BATSCHE, H.: Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns. - Geol. Jb., Beih. 26, S. 261 - 307, Hannover 1957.

BLISSENBACH, E.: Die jungtertiäre Grobschotterschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges. - Geol. Jb. Beih. 26, S. 9 - 48, Hannover 1957.

BOGOMOLOW, G.W.: Grundlagen der Hydrologie. - Berlin (Akad. Verl.) 1958.

BRINKMANN, R.: Über Kreuzschichtung im Deutschen Buntsandsteinbecken. - Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. (4) 32, Göttingen 1933.

- Gerichtete Gefüge in klastischen Sedimenten. - Geol. Rdsch. Bd. 43, H. 2, S. 562 - 568, Stuttgart 1955.

CAILLEUX, A.: La Disposition individuelle des galets dans les formations detriques. - Rev. de geog.phys. et de geol. dynam. Bd. 11, S. 171 - 196. - 1938

- Distinction des galets marin et fluviatiles.- Soc. géol. France Bull., Sér. 5, V. 15, p. 375 - 404, - 1945.

CZUBEB, E. & BURKHARDT, F.: Die statistischen Forschungsmethoden. - Wien 1938 (L.W. SEIDL & Sohn).

ENGELHARDT, W. von: Die Untersuchung wasser- und windsortierter Sande auf Grund der Korngrößenverteilung ihrer leichten und schweren Gemengteile. - Chemie der Erde, Bd. 12, H. 4, S. 445 - 465, Jena 1939/40.

EVANS, O.F.: Mass Transportation of Sediments on Subaqueous Terraces. - Journ. Geol., Bd. 47, S. 325 - 334, Chicago 1939.

FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. - Erdöl und Kohle, 12. Jahrg., S. 605 - 613, Hamburg 1959.

HESS, A.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Blatt Eichendorf/Niederbayern. - Dipl.Arb. Mskr., Univ. München 1961

ILLIES, H.: Die Schrägschichtung in fluviatilen und litoralen Sedimenten, ihre Ursachen, Messungen und Auswertungen. - Mitt. Geol. Staatsinstit., H. 19, Hamburg 1949.

KALTERHERBERG, J.: Über Anlagerungsgefüge in grobklastischen Sedimenten. - N.Jb.Geol.Pal., Abh. 104, S. 30 - 57, Stuttgart 1956.

KÖLBL, L.: Sedimentationsformen tortoner Sande im mittleren Teil des inneralpinen Wiener Beckens. - Jb. d. Geol, Bundesanst. Wien, Jg. 1957, Bd. 100, H. 1, Wien 1957.

- Art und Verteilung der Sedimentkörper im Torton des Erdölfeldes Matzen (Wiener Becken). - Eclogae. Geol. Helv. - Vol. 51, Nr. 3, Birkh. Verl. Basel 1958.

KÖSTER, E.: Mechanische Gesteins- und Bodenanalyse. - Carl HAUSER Verl. München 1960.

KRUMBEIN, W.C.: Preferred Orientation of Pebbles in Sedimentary Deposits. - Journ. Geol., Bd. 47, S. 673 - 799. - Chicago 1939.

- Flood Gravels of San Gabriel Canyon, California. - Geol. Soc. Am., Bull. 51, S. 639 - 676, Washington 1940.

KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J.: Manual of Sedimentary Petrography. - Appleton Cent. Co., New York 1938.

KÜRSTEN, M.: Zur Frage der Geröllorientierung in Flußläufen. - Geol. Rdsch. 49/2, S. 498 - 501. Stuttgart 1960.

LEMCKE, K. & ENGELHARDT, W. von & FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des Alpenvorlandes. - Geol. Jb. Beih. 11, Hannover 1953.

MAYR, M.: Geologische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse im Bereich des unteren Inn. - Geol. Jb. Beih. 26, S. 309 - 370. - Hannover 1957.

Mc KEE, E.D.: Some types of bedding in the Colorado River Delta. - Journ. Geol. 47, S. 64 - 81, Chicago 1939.

- Original structures in Colorado River flood deposits of Grand Canyon. - Journ. Sed. Petr. 8, S. 77 - 83, 1938.

Mc KEE, E.D. & WEIR, G.W.: Terminology for stratification in sedimentary rocks. - Geol. Soc. Am., Bull. 64, New York 1953.

NIEHOFF, W.: Die primär gerichteten Sedimentstrukturen, insbesondere die Schrägschichtung im Koblenzquarzit am Mittelrhein. - Geol. Rdsch., 47/1 S. 252 - 321, Stuttgart 1958.

NIGGLI, P.: Gesteine und Minerallagerstätten. - Bd. 1, Basel 1948, (Birkhauser).

- Gesteine und Minerallagerstätten. - Bd. 2, Verl. Birkhauser, Basel 1952.

PICARD, K.: Sedimentationsverhältnisse des Hauptbuntsandsteins in der Bucht von Mechernich. - Niedereggen. - Geol. Jb. 64, S. 331 - 347.- Hannover/Celle 1950.

- Zur Auswertung der Kreuzschichtung in fluviatilen Sedimenten. - Geol. Rdsch. 41, Sonderbd., Stuttgart 1953.

PHILLIPS, F.C.: The Use of Stereographic Projektion in Structural Geology. - E. Arnold Pub., LTD. London 1954.

POSER, H. und HÖVERMANN, J.: Beiträge zur morphometrischen und morphologischen Schotteranalyse. - Abh. d. Braunschw. Wiss. Ges. Bd. IV, S. 12 - 36, Braunschweig 1952.

REHBOCK, Th.: Bettbildung, Abfluß und Geschiebebewegung bei Wasserläufen. - Zt.Deutsch.Geol.Ges. 81, S. 497 - 534, 1929.

REHSE, W.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Blatt Arnstorf/Niederbayern. - Dipl. Arb. Mskr. Univ. München 1960.

RUCHIN, L.B.: Grundzüge der Lithologie (Lehre von den Sedimentgesteinen). - Akad. Verl. Berlin 1958.

SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. - Bd. 1 und 2. - Wien (Springer) 1948/50.

SCHAUERTE, E.: Geologische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse Ostniederbayerns unter besonderer Berücksichtigung des Positionsblattes Haidenburg 1 : 25000. - Dipl.Arb.Mskr., Univ. München 1961.

STIEFEL, J.: Ein Beitrag zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. - Geol. Jb. Beih. 26, S. 2o1 - 259, Hannover 1957.

SUTTER, C.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Blatt Gergweis/Niederbayern. - Dipl. Arb. Mskr., Univ. München 196o.

WURM, A.: Beiträge zur Kenntnis der nordalpinen Saumtiefe zwischen unterem Inn und unterer Isar. - N.Jb. Mineral. usw., Beil. Bd. 78, Abt. B, Stuttgart 1937.

WURSTER, P.: Geometrie und Geologie von Kreuzschichtungskörpern. - Geol. Rdsch. 47/1, S. 322 ff. Stuttgart 1958.

ZEUNER, F.: Die Schotteranalyse. Ein Verfahren zur Untersuchung der Genese von Flußschottern. - Geol. Rdsch. 24, S. 65 - 1o4. Stuttgart 1933.

Lebenslauf

Am 1o. Juni 1934 wurde ich als Sohn des Helfers in Steuersachen Fritz S u t t e r und seiner Ehefrau Aline, geb. Wecker, in Zweibrücken geboren.
Zu Beginn des 2. Weltkrieges wurden wir aus dem Westwallgebiet nach Leimitz bei Hof evakuiert, wo ich am 28. März 194o in die Volksschule kam. Im Juli 1944 trat ich in Zweibrücken in die "Oberschule für Jungen" ein. Bis Mai 1946 mußte ich jedoch wiederum während der zweiten Evakuierung in die Volksschule. Von Anfang Mai 1946 an besuchte ich dann bis zur Reifeprüfung am 11. März 1954 das Staatliche Naturwissenschaftliche Gymnasium in Zweibrücken.

Im Wintersemester 1954/55 begann ich an der Universität Saarbrücken das Studium der Geologie. Nach dem 2. Semester in Saarbrücken wechselte ich im Wintersemester 1955/56 an die Universität München über. Im Januar 1957 legte ich hier die Vordiplomprüfung für Geologie ab. Nach einem Semester (Winter 1957/58) an der Universität Wien setzte ich mein Studium in München fort und bestand am 21. November 196o die Diplomhauptprüfung.

Meine akademischen Lehrer waren:
an der Universität Saarbrücken C. ARNAL, J. BESSON, E. DUBOIS, H. FIRTION, G. GENARD, R. GUILLIEN, R. HUSSON und R. LEGENDRE,
an der Universität München G. ANGENHEISTER, R. DEHM, G. FISCHER, K. v. FRISCH, W. GERLACH, H. HAGN, R. HUISGEN, E. KRAUS, H. LOUIS, K. MÄGDEFRAU, A. MAUCHER, G. MENZER, F. NEUMAIER, H.-J. SCHNEIDER, E. WIBERG und W. ZEIL,
an der Technischen Hochschule München H. BECKMANN, K. BRUNNACKER, W. HOFFMANN und P. SCHMIDT-THOMÉ,
an der Universität Wien H. WIESENEDER und E. ZIRKL.